



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110962616 A
(43)申请公布日 2020.04.07

(21)申请号 201911323295.5

(22)申请日 2019.12.20

(71)申请人 湘潭大学

地址 411100 湖南省湘潭市雨湖区羊牯塘
卢家滩27号

(72)发明人 傅兵 朱泰平 孟步敏 刘金刚
王伟达 胡余良 刘杰

(74)专利代理机构 湘潭市汇智专利事务所(普
通合伙) 43108

代理人 乌景瑞

(51)Int.Cl.

B60L 7/10(2006.01)

B60L 15/20(2006.01)

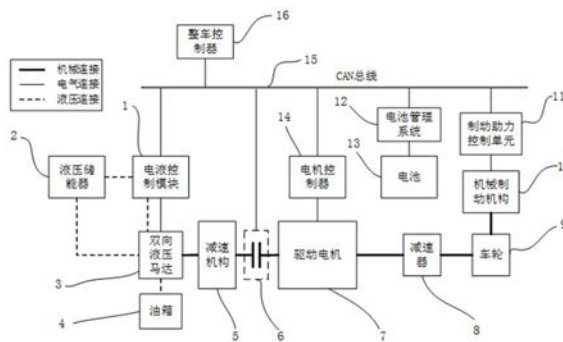
权利要求书3页 说明书8页 附图3页

(54)发明名称

集成液力与电池的车辆复合能源系统及其
控制方法

(57)摘要

本发明提供了一种集成液力与电池的车辆复合能源系统及其控制方法,系统包括整车控制器、液压储能器、电液控制模块、双向液压马达、减速机构、离合器、驱动电机、减速器、电池、电机控制器及电池管理系统、制动助力控制单元、CAN总线;双向液压马达的输出轴通过减速机构、离合器与驱动电机的转子的一端连接,驱动电机转子的另一端通过减速器与车轮连接;双向液压马达控制端口与电液控制模块电连接,双向液压马达、电液控制模块、离合器、电池管理系统、制动助力控制单元并联在CAN总线上。本发明可在电池SOC值高于最高充电阈值及驱动系统转速低于电机最低发电阈值转速的工况下实施制动能量回收,扩大制动能量回收的工况范围,提高制动能量回收比例。



1. 一种集成液力与电池的车辆复合能源系统,其特征是:包括整车控制器、液压储能器、电液控制模块、双向液压马达、减速机构、离合器、驱动电机、减速器、电池、电机控制器及电池管理系统、制动助力控制单元及CAN总线;

双向液压马达的输出轴通过减速机构、离合器与驱动电机的转子的一端连接,驱动电机转子的另一端通过减速器与车轮连接;所述的双向液压马达的两个进油口分别与油箱和液压储能器连接,液压储能器的进油口与电液控制模块的出油口连接,电液控制模块的进油口与双向液压马达的出油口连接;双向液压马达控制端口与电液控制模块电连接;

所述的驱动电机与电机控制器电连接,车轮设有机械制动机构,机械制动机构与制动助力控制单元电连接;所述的电池与电池管理系统电连接;所述的电液控制模块、离合器、电机控制器、电池管理系统及制动助力控制单元并联在CAN总线上,CAN总线与整车控制器电连接。

2. 一种权利要求1所述的集成液力与电池的车辆复合能源系统的控制方法,其特征在于:当驾驶员踩下加速踏板时,车辆进入驱动模式;整车控制器根据整车的质量、车速、汽车迎风面积、飞轮转动惯量、车轮转动惯量、油门踏板开度、油门踏板开度变化率计算驾驶员需求功率 P ;整车控制器根据液压储能器的实时压力、最低压力、实时压力所对应的气体体积、气体多变指数计算液压储能器储能状态 E_c ;整车控制器通过液压储能器储能状态 E_c 、双向液压马达供能循环周期的时间、减速机构效率及减速器效率计算双向液压马达的输出驱动功率 P_{hyd} ;整车控制器根据CAN总线上的电机转速,通过存储于整车控制器中的电机转速-转矩MAP,结合减速器效率,计算驱动电机的输出驱动功率 P_{mo} ;整车控制器根据液压储能器储能状态 E_c 、驾驶员需求功率 P 、双向液压马达的输出驱动功率 P_{hyd} 、驱动电机的输出驱动功率 P_{mo} ,进行驱动模式的选择和控制;

当驾驶员踩下制动踏板时,车辆进入制动能量回收模式;车辆制动助力控制单元通过CAN总线上的制动踏板开度信号、前轴到质心的距离、汽车轴距、整车质量计算驱动电机和双向液压马达所在车轴上的驾驶员目标制动力 F_t ;根据液压储能器的实时压力、最低压力所对应的气体体积、气体多变指数计算液压储能器的储能状态 E_c ;整车控制器通过液压储能器储能状态 E_c 、双向液压马达供能循环周期时间、轮胎中心速度、减速机构效率及减速器效率计算双向液压马达提供的制动力 F_{bf} ;根据CAN总线上的当前电机转速信号,通过存储于整车控制器中的电机转速-转矩MAP,结合传动比、减速器效率及轮胎半径,获取驱动电机所能提供的制动力 F_{mf} ;整车控制器根据驾驶员目标制动力 F_t 、双向液压马达所能提供制动力 F_{bf} 、驱动电机所能提供制动力 F_{mf} 及液压储能器的储能状态 E_c ,进行制动能量回收模式的选择和控制。

3. 根据权利要求2所述的集成液力与电池的车辆复合能源系统的控制方法,驱动模式的选择和控制的具体方法如下:

若液压储能器的能量 E_c 小于最低能量 E_{min} ,此时整车控制器控制离合器断开,并启动驱动电机,整车控制器控制集成液力与电池的车辆复合能源系统采用电力驱动模式进行驱动;

若液压储能器的能量 E_c 不小于最低能量 E_{min} ;此时若驾驶员需求功率 P 不大于双向液压马达的输出驱动功率 P_{hyd} ,则整车控制器控制离合器结合,同时控制双向液压马达切换为马达模式,整车控制器控制集成液力与电池的车辆复合能源系统采用液压驱动模式进行驱

动；

若液压储能器的能量 E_c 不小于最低能量 E_{min} ，此时，若驾驶员需求功率 P 大于双向液压马达的输出驱动功率 P_{hyd} ，则整车控制器控制离合器结合，并控制双向液压马达切换为马达模式，同时控制驱动电机启动，使驱动电机功率与双向液压马达的输出驱动功率之和与驾驶员需求功率相等，即 $P=P_{hyd}+P_{mo}$ ，整车控制器控制集成液力与电池的复合能源系统采用液力和电力进行混合驱动。

4. 根据权利要求2所述的集成液力与电池的复合能源系统的控制方法，制动能量回收模式的选择和控制的具体方法如下：

车辆进入制动能量回收模式后，在与驱动电机及双向液压马达共同连接的车轴中，若驱动电机转速 n 小于电机最低发电阈值转速 n_{min} ，液压储能器的储能状态 E_c 小于最高能量 E_{max} ，且双向液压马达所能提供制动力 F_{bf} 不小于该车轴所需的目标制动力 F_t 时，整车控制器控制离合器结合，并控制双向液压马达切换为油泵模式，整车控制器控制集成液力与电池的复合能源系统进入双向液压马达制动模式；

在与驱动电机及双向液压马达共同连接的车轴中，若驱动电机转速 n 小于电机最低发电阈值转速 n_{min} ，液压储能器的储能状态 E_c 小于最高能量 E_{min} ，且双向液压马达所能提供制动力 F_{bf} 小于该车轴所需的目标制动力 F_t 时，整车控制器控制离合器结合，并控制双向液压马达切换为油泵模式，双向液压马达提供一部分制动力，其余所需制动力由车辆机械制动系统提供，整车控制器控制集成液力与电池的复合能源系统进入液压马达制动和机械制动相结合的制动模式；

在与驱动电机及双向液压马达共同连接的车轴中，若驱动电机转速 n 不小于电机最低发电阈值转速 n_{min} ，液压储能器的储能状态 E_c 等于最高能量 E_{max} ，且驱动电机所能提供制动力 F_{mf} 不小于该车轴所需的目标制动力时，双向液压马达无法提供制动力，整车控制器控制离合器分离；此时制动力由驱动电机单独提供，整车控制器控制集成液力与电池的复合能源系统进入电机单独制动模式；

在与驱动电机及双向液压马达共同连接的车轴中，若驱动电机转速 n 不小于电机最低发电阈值转速 n_{min} ，液压储能器的储能状态 E_c 等于最高能量 E_{max} ，且驱动电机所能提供的制动力 F_{mf} 小于该车轴所需的目标制动力 F_t 时，双向液压马达无法提供制动力，整车控制器控制离合器分离；此时驱动电机工作在制动模式，提供一部分制动力，其余所需制动力 F_{mm} 由车辆机械制动系统提供，即 $F_t=F_{mf}+F_{mm}$ ，整车控制器控制集成液力与电池的复合能源系统进入电机制动和机械制动相结合的制动模式。

在与驱动电机及双向液压马达共同连接的车轴中，若驱动电机的转速 n 不小于电机最低发电阈值转速 n_{min} ，液压储能器的储能状态 E_c 小于最高能量 E_{max} ，且驱动电机和双向液压马达所能提供的制动力之和 $F_{mf}+F_{bf}$ 不小于该车轴所需的目标制动力 F_t 时，整车控制器控制离合器结合，并控制双向液压马达切换为油泵模式，该车轴制动力由驱动电机和双向液压马达共同提供，整车控制器控制集成液力与电池的复合能源系统进入双向液压马达制动和电机制动相结合的制动模式。

在驱动与电机及双向液压马达共同连接的车轴中，若驱动电机的转速 n 不小于电机最低发电阈值转速 n_{min} ，液压储能器的储能状态 E_c 小于最高能量 E_{max} ，且驱动电机和双向液压马达所能提供的制动力之和 $F_{mf}+F_{bf}$ 小于该车轴所需的目标制动力 F_t 时，整车控制器控制离

合器结合,控制双向液压马达切换为油泵模式,驱动电机工作在制动模式,两者提供一部分制动力,其余所需制动力 F_{mm} 由车辆机械制动系统提供,即 $F_t = F_{mf} + F_{bf} + F_{mm}$,整车控制器控制集成液力与电池的复合能源系统进入电机制动、双向液压马达制动和机械制动相结合的制动模式。

在与驱动电机及双向液压马达共同连接的车轴中,若驱动电机的转速 n 小于电机最低发电阈值转速 n_{min} ,液压储能器的储能状态 E_c 等于最高能量 E_{max} ,此时驱动电机和液压储能器均无法进行能量回收,整车控制器控制集成液力与电池的复合能源系统进入纯机械制动模式。

5. 根据权利要求2所述的集成液力与电池的复合能源系统的控制方法,其特征在于:预先通过试验获得目标制动力与制动踏板反馈力之间的关系曲线,并存储于整车控制器当中,车辆进入制动能量回收模式,且当双向液压马达或驱动电机单独制动时,通过查询目标制动力与制动踏板反馈力之间的关系曲线得出制动系统所需提供的目标踏板反馈力,通过制动助力控制单元实时调节制动助力比,由安装在制动踏板处的力传感器实时测量实际踏板反馈力,通过制动助力控制单元闭环反馈调节制动助力比,使驾驶员脚踏位置所获取的反馈力与机械制动时的目标反馈力相一致,以获取平稳的制动过程。

集成液力与电池的车辆复合能源系统及其控制方法

技术领域

[0001] 本发明属于新能源汽车技术领域,特别涉及一种集成液力与电池的车辆复合能源系统及其控制方法。

背景技术

[0002] 纯电动汽车技术发展迅速,已成为传统汽车的发展方向。纯电动汽车较传统燃油车节能的主要贡献点在于可通过电机实现制动能量回收,而电动汽车的节能效果在很大程度上取决于车辆在循环工况下的制动能量回收效率。现有纯电动汽车以电池作为储能装置,驾驶员制动时,整车控制系统控制驱动电机切换为发电模式提供制动转矩,以实现制动能量回收。

[0003] 然而,现有电动汽车储能系统中,制动能量回收效率受到电机转速及电池SOC状态的双重制约,导致能量回收效率不高。一方面,驱动电机存在发电转速阈值,当制动时电机转速低于某一阈值时,电机的反电势(感应电动势)过低,自身的耗能会大于回收的能量,需退出发电模式,此时车辆动能只能通过机械摩擦制动予以消耗。另一方面,当电池SOC处于高值区间时,若进一步进行充电,所引起的电池过充,将导致电池组寿命降低或损坏,故新能源汽车能量管理系统中均设置可充电SOC限值,当SOC高于此限值时,禁止实施制动能量回收。以上限制导致电动车辆在循环工况下的制动能量回收比例低,整车节能效果提升受限。因此,如何提高制动能量回收比例成为了电动汽车经济性提升过程中急迫需要解决的技术瓶颈之一。

发明内容

[0004] 为了解决上述技术问题,本发明提供一种能有效提高电动车辆制动能量回收效率,扩大电动汽车实施制动能量回收的工况范围,提高制动能量回收比率,提升电动车辆的节能效果的集成液力与电池的车辆复合能源系统及其控制方法。

[0005] 本发明采用的技术方案是:一种集成液力与电池的车辆复合能源系统,包括整车控制器、液压储能器、电液控制模块、双向液压马达、减速机构、离合器、驱动电机、电池、电机控制器及电池管理系统、制动助力控制单元及CAN总线;

[0006] 双向液压马达的输出轴通过减速机构、离合器与驱动电机的转子的一端连接,驱动电机转子的另一端通过减速器与车轮连接;所述的双向液压马达的两个进油口分别与油箱和液压储能器连接,液压储能器的进油口与电液控制模块的出油口连接,电液控制模块的进油口与双向液压马达的出油口连接;双向液压马达控制端口与电液控制模块电连接;

[0007] 所述的驱动电机与电机控制器电连接,车轮设有机械制动机构,机械制动机构与制动助力控制单元电连接;所述的电池与电池管理系统电连接;所述的电液控制模块、离合器、电机控制器、电池管理系统及制动助力控制单元并联在CAN总线上,CAN总线与整车控制器电连接。

[0008] 一种上述的集成液力与电池的车辆复合能源系统的控制方法,其特征在于:当驾

驾驶员踩下加速踏板时,车辆进入驱动模式;整车的质量、车速、汽车迎风面积、飞轮转动惯量、车轮转动惯量、油门踏板开度、油门踏板开度变化率计算驾驶员需求功率 P ;整车控制器根据液压储能器的实时压力、最低压力所对应的气体体积、气体多变指数计算液压储能器储能状态 E_c ;整车控制器通过液压储能器储能状态 E_c 、双向液压马达供能循环周期的时间、减速机构效率及减速器效率计算双向液压马达的输出驱动功率 P_{hyd} ;根据CAN总线上的当前电机转速,通过存储于整车控制器中的电机转速-转矩MAP,结合传动比及传动效率,获取驱动电机的输出驱动功率 P_{mo} ;整车控制器根据液压储能器储能状态 E_c 、驾驶员需求功率 P 、双向液压马达的输出驱动功率 P_{hyd} 、驱动电机的输出驱动功率 P_{mo} ,进行驱动模式的选择和控制;

[0009] 当驾驶员踩下制动踏板时,车辆进入制动能量回收模式;车辆制动助力控制单元通过 CAN总线上的制动踏板开度、前轴到质心距离、汽车轴距、整车质量计算驱动电机和双向液压马达所在车轴上的驾驶员目标制动力 F_t ;整车控制器根据液压储能器的实时压力、最低压力所对应的气体体积、气体多变指数计算液压储能器储能状态 E_c ;整车控制器通过液压储能器储能状态 E_c 、双向液压马达供能循环周期的时间、轮胎中心速度、减速机构效率及减速器效率计算双向液压马达提供的制动力 F_{bf} ;根据CAN总线上的当前电机转速数据,通过存储于整车控制器中的电机转速-转矩MAP,结合传动比、减速器效率及轮胎半径,获取驱动电机所能提供制动力 F_{mf} ;整车控制器根据驾驶员目标制动力 F_t 、双向液压马达能提供的制动力 F_{bf} 、驱动电机所能提供制动力 F_{mf} 及液压储能器的储能状态 E_c ,进行制动能量回收模式的选择和控制。

[0010] 上述的集成液力与电池的复合能源系统的控制方法中,驱动模式的选择和控制的具体方法如下:

[0011] 若液压储能器的能量 E_c 小于最低能量 E_{min} ,即液压储能器未储能;此时整车控制器控制离合器断开,并启动驱动电机,整车控制器控制集成液力与电池的复合能源系统采用电力驱动模式进行驱动;

[0012] 若液压储能器的能量 E_c 不小于最低能量 E_{min} ,此时液压储能器已储能;此时若驾驶员需求功率 P 不大于双向液压马达的输出驱动功率 P_{hyd} ,则整车控制器控制离合器结合,同时控制双向液压马达切换为马达模式,整车控制器控制集成液力与电池的复合能源系统采用液压驱动模式进行驱动;

[0013] 若液压储能器2的能量 E_c 不小于最低能量 E_{min} ,此时液压储能器2已储能;进一步的,若驾驶员需求功率 P 大于双向液压马达3的输出驱动功率 P_{hyd} ,则整车控制器控制离合器6结合,并控制双向液压马达3切换为马达模式,同时控制驱动电机7启动,使驱动电机7功率与双向液压马达3的输出驱动功率之和与驾驶员需求功率相等,即 $P = P_{hyd} + P_{mo}$,整车控制器控制集成液力与电池的复合能源系统采用液力和电力进行混合驱动。

[0014] 上述的集成液力与电池的复合能源系统的控制方法中,制动能量回收模式的选择和控制的具体方法如下:

[0015] 车辆进入制动能量回收模式后,在与驱动电机及双向液压马达共同连接的车轴中,若驱动电机转速 n 小于电机最低发电阈值转速 n_{min} ,液压储能器的储能状态 E_c 小于最高能量 E_{max} ,且双向液压马达提供的制动力 F_{bf} 不小于该车轴所需的目标制动力 F_t 时,整车控制器控制离合器结合,并控制双向液压马达切换为油泵模式,整车控制器控制集成液力与电

池的车辆复合能源系统进入双向液压马达制动模式；

[0016] 在与驱动电机及双向液压马达共同连接的车轴中，若驱动电机转速 n 小于电机最低发电阈值转速 n_{\min} ，液压储能器的储能状态 E_c 小于最高能量 E_{\max} ，且双向液压马达所提供的制动力 F_{bf} 小于该车轴所需的目标制动力 F_t 时，整车控制器控制离合器结合，并控制双向液压马达切换为油泵模式，双向液压马达提供一部分制动力，其余所需制动力由车辆机械制动系统提供，整车控制器控制集成液力与电池的车辆复合能源系统进入液压马达制动和机械制动相结合的制动模式；

[0017] 在与驱动电机及双向液压马达共同连接的车轴中，若驱动电机转速 n 不小于电机最低发电阈值转速 n_{\min} ，液压储能器的储能状态 E_c 等于最高能量 E_{\max} ，且驱动电机所能提供制动力 F_{mf} 不小于该车轴所需的目标制动力时，双向液压马达无法提供制动力，整车控制器控制离合器分离；此时制动力由驱动电机单独提供，整车控制器控制集成液力与电池的车辆复合能源系统进入电机单独制动模式；

[0018] 在与驱动电机及双向液压马达共同连接的车轴中，若驱动电机转速 n 不小于电机最低发电阈值转速 n_{\min} ，液压储能器的储能状态 E_c 等于最高能量 E_{\max} ，且驱动电机所能提供的制动力 F_{mf} 小于该车轴所需的目标制动力 F_t 时，双向液压马达无法提供制动力，整车控制器控制离合器分离；此时驱动电机工作在制动模式，提供一部分制动力，其余所需制动力 F_{mm} 由车辆机械制动系统提供，即 $F_t = F_{mf} + F_{mm}$ ，整车控制器控制集成液力与电池的车辆复合能源系统进入电机制动和机械制动相结合的制动模式。

[0019] 在与驱动电机及双向液压马达共同连接的车轴中，若驱动电机的转速 n 不小于电机最低发电阈值转速 n_{\min} ，液压储能器的储能状态 E_c 小于最高能量 E_{\max} ，且驱动电机和双向液压马达所能提供的制动力之和 $F_{mf} + F_{bf}$ 不小于该车轴所需的目标制动力 F_t 时，整车控制器控制离合器结合，并控制双向液压马达切换为油泵模式，该车轴制动力由驱动电机和双向液压马达共同提供，整车控制器控制集成液力与电池的车辆复合能源系统进入双向液压马达制动和电机制动相结合的制动模式。

[0020] 在驱动与电机及双向液压马达共同连接的车轴中，若驱动电机的转速 n 不小于电机最低发电阈值转速 n_{\min} ，液压储能器的储能状态 E_c 小于最高能量 E_{\max} ，且驱动电机和双向液压马达所能提供的制动力之和 $F_{mf} + F_{bf}$ 小于该车轴所需的目标制动力 F_t 时，整车控制器控制离合器结合，控制双向液压马达切换为油泵模式，驱动电机工作在制动模式，两者提供一部分制动力，其余所需制动力 F_{mm} 由车辆机械制动系统提供，即 $F_t = F_{mf} + F_{bf} + F_{mm}$ ，整车控制器控制集成液力与电池的车辆复合能源系统进入电机制动、双向液压马达制动和机械制动相结合的制动模式。

[0021] 在与驱动电机及双向液压马达共同连接的车轴中，若驱动电机的转速 n 小于电机最低发电阈值转速 n_{\min} ，液压储能器的储能状态 E_c 等于最高能量 E_{\max} ，此时驱动电机和液压储能器均无法进行能量回收，整车控制器控制集成液力与电池的车辆复合能源系统进入纯机械制动模式。

[0022] 上述的集成液力与电池的车辆复合能源系统的控制方法中，预先通过试验获得目标制动力与制动踏板反馈力之间的关系曲线，并存储于整车控制器当中，车辆进入制动能量回收模式，且当双向液压马达或驱动电机单独制动时，通过查询目标制动力与制动踏板反馈力之间的关系曲线得出制动系统所需提供的目标踏板反馈力，通过制动助力控制单元

实时调节制动助力比,由安装在制动踏板处的力传感器实时测量实际踏板反馈力,通过制动助力控制单元闭环反馈调节制动助力比,使驾驶员脚踏位置所获取的反馈力与机械制动时的目标反馈力相一致,以获取平稳的制动过程。

[0023] 与现有技术相比,本发明具有如下有益效果:

[0024] (1) 本发明可在电池SOC高于可充电阈值及驱动系统转速低于电机可发电阈值转速的工况下实施制动能量回收,扩大制动能量回收的工况范围,提高制动能量回收比例,降低电动汽车的单位里程耗电量,提升整车经济性;

[0025] (2) 本发明提升了汽车的总驱动功率,尤其是车辆在重载起步时,与使用单一驱动源的电动汽车相比,匹配本系统的电动汽车具有更优的动力性。

[0026] (3) 本发明可产生与传统燃油车相一致的踏板反馈力,提升电动车辆的可驾驶性。

附图说明

[0027] 图1是本发明集成液力与电力的车辆混合驱动及能量回收系统的结构示意图。

[0028] 图2是本发明集成液力与电力的车辆混合驱动及能量回收系统中驱动模式的选择与控制框图。

[0029] 图3是本发明集成液力与电力的车辆混合驱动及能量回收系统中制动能量回收模式的选择与控制框图。

[0030] 图4是本发明集成液力与电力的车辆混合驱动及能量回收系统中的制动踏板力模拟方法框图。

具体实施方式

[0031] 下面结合附图对本发明做进一步的说明。

[0032] 本发明的集成液力与电力的车辆复合能源系统,包括液压储能器2、电液控制模块1、双向液压马达3、减速机构5、离合器6、驱动电机7、电池13、电机控制器14及电池管理系统12、制动助力控制单元11、CAN总线15、整车控制器16;

[0033] 双向液压马达3的输出轴通过减速机构5、离合器6与驱动电机7的转子的一端连接,驱动电机7转子的另一端通过减速器8与车轮9连接。所述的双向液压马达3的两个进油口分别与油箱4和液压储能器2连接,液压储能器2的进油口与电液控制模块1的出油口连接,电液控制模块1的进油口与双向液压马达3的出油口连接;双向液压马达3控制端口与电液控制模块1电连接。

[0034] 所述的驱动电机7与电机控制器14电连接,车轮9设有机械制动机构10,机械制动机构10与制动助力控制单元11电连接;所述的电池13与电池管理系统12电连接。所述的电液控制模块1、离合器6、电机控制器14、电池管理系统12及制动助力控制单元11并联在CAN总线15上,CAN总线15与整车控制器16电连接。

[0035] 电液控制模块1:用于执行双向液压马达3工作模式切换、液压储能器2工作状态检测、安全失效保护,向整车控制器16发送液压储能器2及双向液压马达3工作参数,接收并执行整车控制器16命令。

[0036] 液压储能器2:用于存储液压油的空间,其通过内置弹性元件,吸收液力能量。

[0037] 双向液压马达3:用于驱动整车运行和能量回收,具备马达模式和液压泵模式。驱

动整车运行时,工作在马达工作模式,将液压储能器2中的液压能转化机械能。能量回收时,工作在液压泵模式,在将双向液压马达3回液压储能器2时,提供制动力矩。

[0038] 减速机构5:双向液压马达3工作在马达模式时,给双向液压马达3减速;双向液压马达3工作在液压泵模式时,给驱动电机7升速。

[0039] 驱动电机7:用于消耗电能驱动车辆行走或通过发电回收车辆机械能。

[0040] 制动助力控制单元11:用于实现调节制动助力比,检测并向整车控制器16发送助力器工作参数,接收并执行整车控制器16的命令。

[0041] 电池管理系统12:用于根据控制和管理电池13工作模式和工作状态,检测并向整车控制器16发送电池13工作参数,接收并执行整车控制器16的命令。

[0042] 电机控制器14:用于控制驱动电机7运行状态,检测并向整车控制器16发送电机工作参数,接收并执行整车控制器16的命令。电池13:用于存储或释放电能。

[0043] CAN总线15:用于实现各控制单元之间的信号传输。

[0044] 整车控制器16:用于采集电液控制模块1、电池管理系统12、电机控制器及制动助力控制单元11的状态参数和信号,根据内置控制策略,向电液控制模块1、电池管理系统12、电机控制器及制动助力控制单元11输出控制参数。

[0045] 本发明的集成液力与电力的车辆驱动及能量回收系统的控制方法,具体操作如下:

[0046] 车辆运行过程中,整车控制器16根据CAN总线15上的信号实时计算车辆需求功率P、驾驶员目标制动力 F_t 、储能器能量状态 E_c 、双向液压马达3的输出驱动功率 P_{hyd} ,结合CAN总线上的电池能量状态SOC、电机转速 n ,依据所设定的决策逻辑,实施驱动及制动能量回收模式控制。各参数计算方法如下:

[0047] 车辆需求功率P计算:车辆直线行驶时,行驶阻力包括地面对轮胎的滚动阻力,空气阻力、道路的坡道阻力以及加速阻力。车辆所需驱动力需与行驶阻力平衡,才能驱动车辆运行。车辆需求驱动力 F_{tr} 计算方法如下: $F_{tr}=F_f+F_w+F_i+F_j$;式中: F_f 为滚动阻力, F_w 为空气阻力, F_i 为坡度阻力, F_j 为加速阻力。车辆需求功率P计算方法如下: $P=F_{tr}u$;式中: u 为汽车轮胎中心速度。

[0048] 驾驶员目标制动力 F_t 计算:本实施例中的车辆为前置前驱车辆,驱动电机7与双向液压马达3位于前轴,由前轴实施制动能量回收,车辆在制动过程中,应当合理地分配前后轴制动力,以防止车辆出现前轮先于后轮提前抱死的情况,尽量使前后车轮滑移率都可以控制在最佳滑移附近。本实施例中采用理想制动力分配策略,在保证制动效能的前提下尽可能地使前、后轴制动力接近理想I曲线,并具备良好的制动舒适性。制动强度小于等于地面附着系数时,车辆目标制动强度 z 可以通过制动踏板的开度计算得出:

$$[0049] \quad z = Ax^2 + Bx$$

[0050] 式中, x 为制动踏板开度信号, A 和 B 均为与制动踏板开度相关的系数。

[0051] 车辆前后轮车轴的制动力由如下公式计算:

$$[0052] \quad F_l = \frac{mg}{l}(l_l z + h_g z^2)$$

$$[0053] \quad F_h = \frac{mg}{l}(l_h z - h_g z^2)$$

[0054] 式中, F_t 为前轮制动力, F_h 为后轮制动力, m 为整车质量, l_t 为前轴到质心的距离, l_h 为后轴到质心的距离, l 为轴距, h_g 为车辆质心高度, z 为目标制动强度。

[0055] 液压储能器2能量状态 E_c 计算: 本发明所用液压储能器2为气囊式液压储能器。气囊式液压储能器的能量转化和传递通过热力学过程完成。液压储能器当前储能状态 E_c 可以通过储能器最低压力、储能器实时压力、对应压力时的气体体积、气体多变指数及气体常数求得, 计算公式如下:

$$[0056] \quad E_c = -\int_{V_0}^{V_t} p dV = \frac{p_t V_0}{n-1} \left[\left(\frac{p_0}{p_t} \right)^{\frac{1-n}{n}} - 1 \right];$$

[0057] 式中, V_0 为储能器对应 p_0 的气体压力, V_t 为储能器对应 p_t 的气体压力, p_0 为储能器最低工作压力, p_t 为储能器实时工作压力, n 为气体多变指数, 取1.1。

[0058] 双向液压马达3的输出驱动功率 P_{hyd} 计算: 此处假定双向液压马达3供能循环周期的时间为 t , 由储能器传递到双向液压马达3的每一循环的能量为 E_s , 储能器能为双向液压马达3所能提供的输出功率计算公式如下:

$$[0059] \quad P_{hyd} = \frac{E_s \eta_{r1} \eta_{r2}}{1000t}$$

[0060] 式中, η_{r1} 为减速机构效率, η_{r2} 为减速器效率。

[0061] 双向液压马达提供的制动力 F_{bf} 计算:

$$[0062] \quad F_{bf} = \frac{E_s \eta_{r1} \eta_{r2}}{1000tu}$$

[0063] 式中, u 为轮胎中心速度。

[0064] 如图1-图4所示, 一种集成液力与电池的整车复合能源系统的控制方法, 当驾驶员踩下加速踏板时, 车辆进入驱动模式。整车控制器16根据整车质量、车速、汽车迎风面积、飞轮转动惯量、车轮转动惯量、油门踏板开度、油门踏板开度变化率计算驾驶员需求功率 P 。整车控制器16根据液压储能器2的实时压力、最低压力、实时压力所对应的气体体积、气体多变指数计算液压储能器2的储能状态 E_c ; 整车控制器16通过液压储能器2的储能状态 E_c 、双向液压马达3供能循环周期的时间、减速机构5的效率及减速器8的效率计算双向液压马达3的输出驱动功率 P_{hyd} ; 整车控制器16根据CAN总线15上的电机转速, 通过存储于整车控制器16中的电机转速-转矩MAP, 结合减速器效率, 计算驱动电机7的输出驱动功率 P_{mo} ; 整车控制器16根据液压储能器2的储能状态 E_c 、驾驶员需求功率 P 、双向液压马达3的输出驱动功率 P_{hyd} 、驱动电机7的输出驱动功率 P_{mo} , 进行驱动模式的选择和控制。各驱动模式的选择和操作方法具体如下:

[0065] 若液压储能器2能量 E_c 小于最低能量 E_{min} , 即液压储能器2未储能。此时整车控制器16控制离合器6断开, 并启动驱动电机7, 整车控制器16控制集成液力与电池的整车复合能源系统采用电力驱动模式进行驱动。

[0066] 若液压储能器2能量 E_c 不小于最低能量 E_{min} , 此时液压储能器2已储能; 此时若驾驶员需求功率 P 不大于双向液压马达3的输出驱动功率 P_{hyd} , 则整车控制器16控制离合器6结合, 同时将双向液压马达3切换为马达模式, 整车控制器16控制集成液力与电池的整车复合能源系统采用液压驱动模式进行驱动。

[0067] 若液压储能器2能量 E_c 不小于最低能量 E_{min} ,此时液压储能器2已储能;此时若驾驶员需求功率 P 大于双向液压马达3的输出驱动功率 P_{hyd} ,则整车控制器16控制离合器6结合,并控制双向液压马达3切换为马达模式,同时控制驱动电机7启动,使驱动电机7功率与双向液压马达3的输出驱动功率之和与驾驶员需求功率相等,即 $P=P_{hyd}+P_{mo}$,整车控制器16控制集成液力与电池的复合能源系统采用液力和电力进行混合驱动。

[0068] 如图1及图3所示,车辆运行过程中,当驾驶员踩下制动踏板时,车辆进入制动能量回收模式。车辆制动助力控制单元11通过CAN总线15上的制动踏板开度信号、制动缸压力、车速、整车质量、车辆制动盘参数、附着系数、车轮滑动率、车轮半径、汽车轮胎中心速度及车辆前后轮制动力分配曲线计算出驱动电机7和双向液压马达3所在车轴上的驾驶员目标制动力 F_t ;根据液压储能器2的实时压力、最低压力、所对应的气体体积、气体多变指数参数计算液压储能器2的储能状态 E_c ;整车控制器16通过液压储能器储能状态 E_c 、双向液压马达供能循环周期的时间、轮胎中心速度、减速机构效率及减速器效率计算双向液压马达提供的制动力 F_{bf} ;根据CAN总线15上的当前电机转速数据,通过存储于整车控制器16中的电机转速-转矩MAP,结合传动比、减速器效率及轮胎半径,获取驱动电机7所能提供制动力 F_{mf} 。整车控制器16根据驾驶员目标制动力 F_t 、双向液压马达3所能提供制动力 F_{bf} 、驱动电机7所能提供制动力 F_{mf} 及液压储能器2的储能状态 E_c ,进行制动能量回收模式的选择和控制。各制动能量回收模式的选择和操作方法具体如下:

[0069] 如图1及图3所示,车辆进入制动能量回收模式后,整车控制器16通过CAN总线15采集数据进行制动能量回收模式选择:

[0070] 若驱动电机7转速 n 小于电机最低发电阈值转速 n_{min} ,液压储能器2的储能状态 E_c 小于最高能量 E_{max} ,且双向液压马达3所能提供制动力 F_{bf} 不小于该车轴所需的目标制动力 F_t 时,整车控制器16控制离合器6结合,并控制双向液压马达3切换为油泵模式,车辆制动力由双向液压马达3单独提供,整车控制器16控制集成液力与电池的复合能源系统进入双向液压马达制动模式。

[0071] 若驱动电机7转速 n 小于电机最低发电阈值转速 n_{min} ,液压储能器2的储能状态 E_c 小于最高能量 E_{max} ,且双向液压马达3所能提供制动力 F_{bf} 小于该车轴所需的目标制动力 F_t 时,整车控制器16控制离合器6结合,并控制双向液压马达3切换为油泵模式,双向液压马达3提供一部分制动力,其余所需制动力由车辆机械制动系统提供,整车控制器16控制集成液力与电池的复合能源系统进入双向液压马达制动和机械制动相结合的制动模式。

[0072] 若驱动电机7转速 n 不小于电机最低发电阈值转速 n_{min} ,液压储能器2的储能状态 E_c 等于最高能量 E_{max} ,且驱动电机7所能提供制动力 F_{mf} 不小于该车轴所需的目标制动力 F_t 时,双向液压马达3无法提供制动力,整车控制器16控制离合器6分离。此时该车轴制动力由驱动电机7单独提供,整车控制器16控制集成液力与电池的复合能源系统进入电机单独制动模式。

[0073] 若驱动电机7转速 n 不小于电机最低发电阈值转速 n_{min} ,液压储能器2的储能状态 E_c 等于最高能量 E_{max} ,且驱动电机7所能提供的制动力 F_{mf} 小于该车轴所需的目标制动力 F_t 时,双向液压马达3无法提供制动力,整车控制器16控制离合器6分离。此时驱动电机7工作在制动模式,提供一部分制动力,其余所需制动力 F_{mm} 由车辆机械制动系统提供,即 $F_t=F_{mf}+F_{mm}$,整车控制器16控制集成液力与电池的复合能源系统进入电机制动和机械制动相结合

的制动模式。

[0074] 若驱动电机7转速 n 不小于电机最低发电阈值转速 n_{\min} , 液压储能器2的储能状态 E_c 小于最高能量 E_{\max} , 且驱动电机7和双向液压马达3所能提供的制动力之和 $F_{mf}+F_{bf}$ 不小于该车轴所需的目标制动力 F_t 时, 整车控制器16控制离合器6结合, 并控制双向液压马达3切换为油泵模式, 该车轴制动力由驱动电机7和双向液压马达3共同提供, 整车控制器16控制集成液力与电池的复合能源系统进入双向液压马达制动和电机制动相结合的制动模式。

[0075] 若驱动电机7转速 n 不小于驱动电机最低发电阈值转速 n_{\min} , 液压储能器2的储能状态 E_c 小于最高能量 E_{\max} , 且驱动电机7和双向液压马达3所能提供的制动力之和 $F_{mf}+F_{bf}$ 小于该车轴所需的目标制动力 F_t 时, 整车控制器16控制离合器6结合, 控制双向液压马达3切换为油泵模式, 驱动电机7工作在制动模式, 两者提供一部分制动力, 其余所需制动力 F_{mm} 由车辆机械制动系统提供, 即 $F_t = F_{mf} + F_{bf} + F_{mm}$, 整车控制器16控制集成液力与电池的复合能源系统进入电机制动、双向液压马达制动和机械制动相结合的制动模式。

[0076] 若驱动电机7转速 n 小于电机最低发电阈值转速 n_{\min} , 液压储能器2的储能状态 E_c 等于最高能量 E_{\max} , 此时电机和液压系统均无法进行能量回收, 整车控制器16控制集成液力与电池的复合能源系统进入纯机械制动模式, 此时该车轴的制动力 F_t 完全由机械制动机构10提供, 以满足制动安全需求。

[0077] 如图1及图4所示, 预先通过试验方式获得目标制动力与制动踏板反馈力之间的关系曲线, 并存储于整车控制器16当中。当车辆进入制动能量回收模式, 且双向液压马达、电机单独制动时, 通过在线查询目标制动力与制动踏板反馈力之间的关系曲线得出制动系统所需提供的目标踏板反馈力, 通过制动助力控制单元11实时调节制动助力比, 由安装在制动踏板处的力传感器实时测量实际踏板反馈力, 通过制动助力控制单元11闭环反馈调节制动助力比, 使驾驶员脚踏位置所获取的反馈力与机械制动时的目标反馈力相一致, 以获取平稳的制动过程, 同时使驾驶员获取良好的制动感觉。

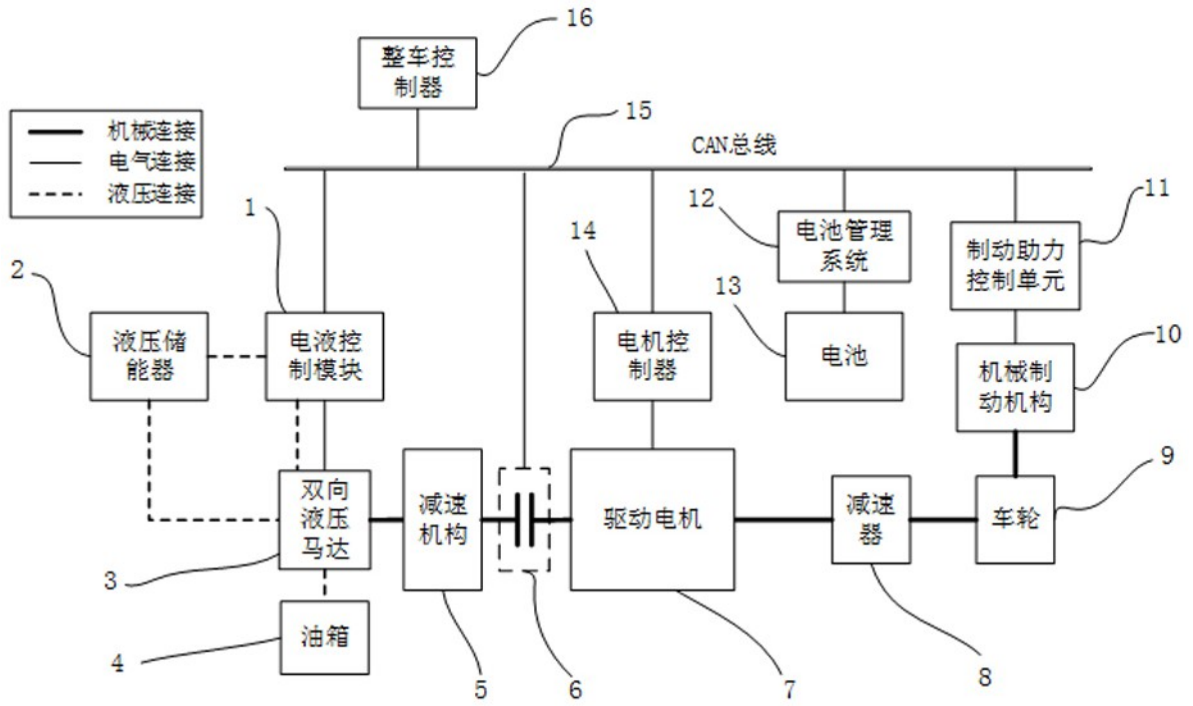


图1

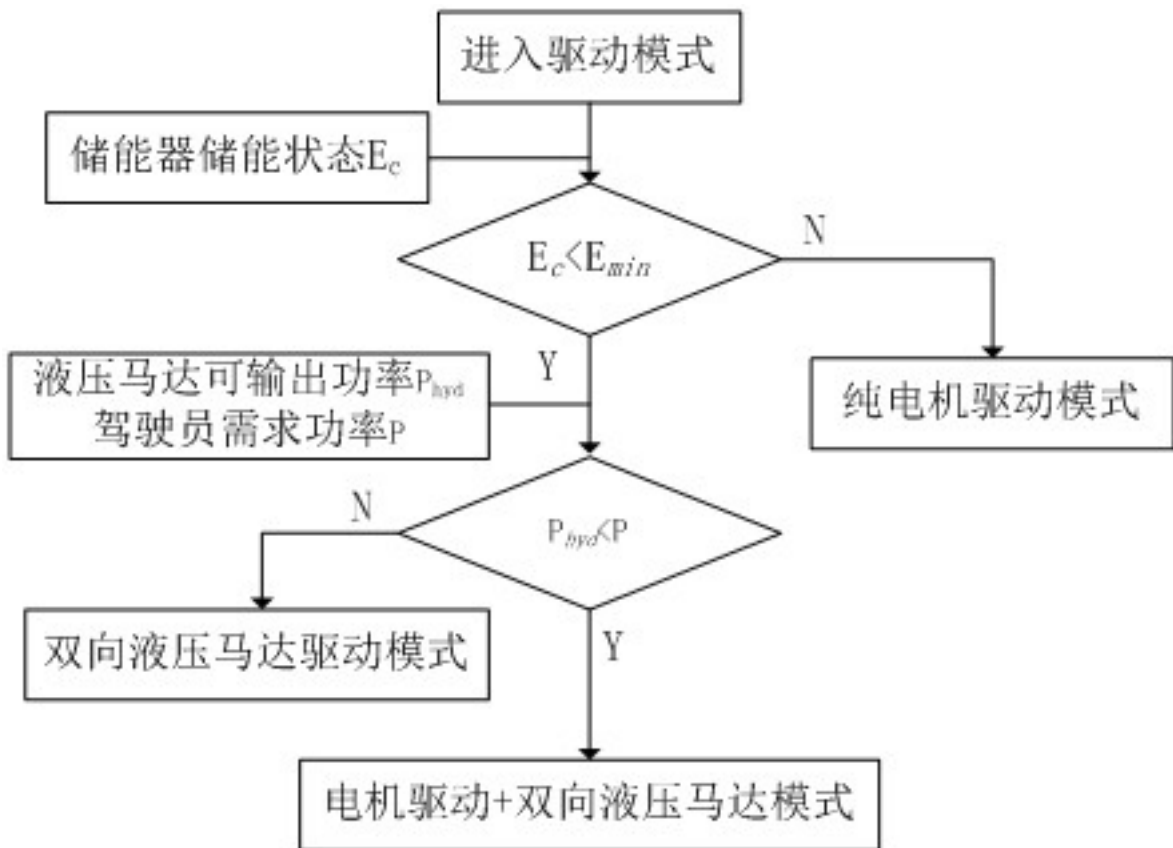


图2

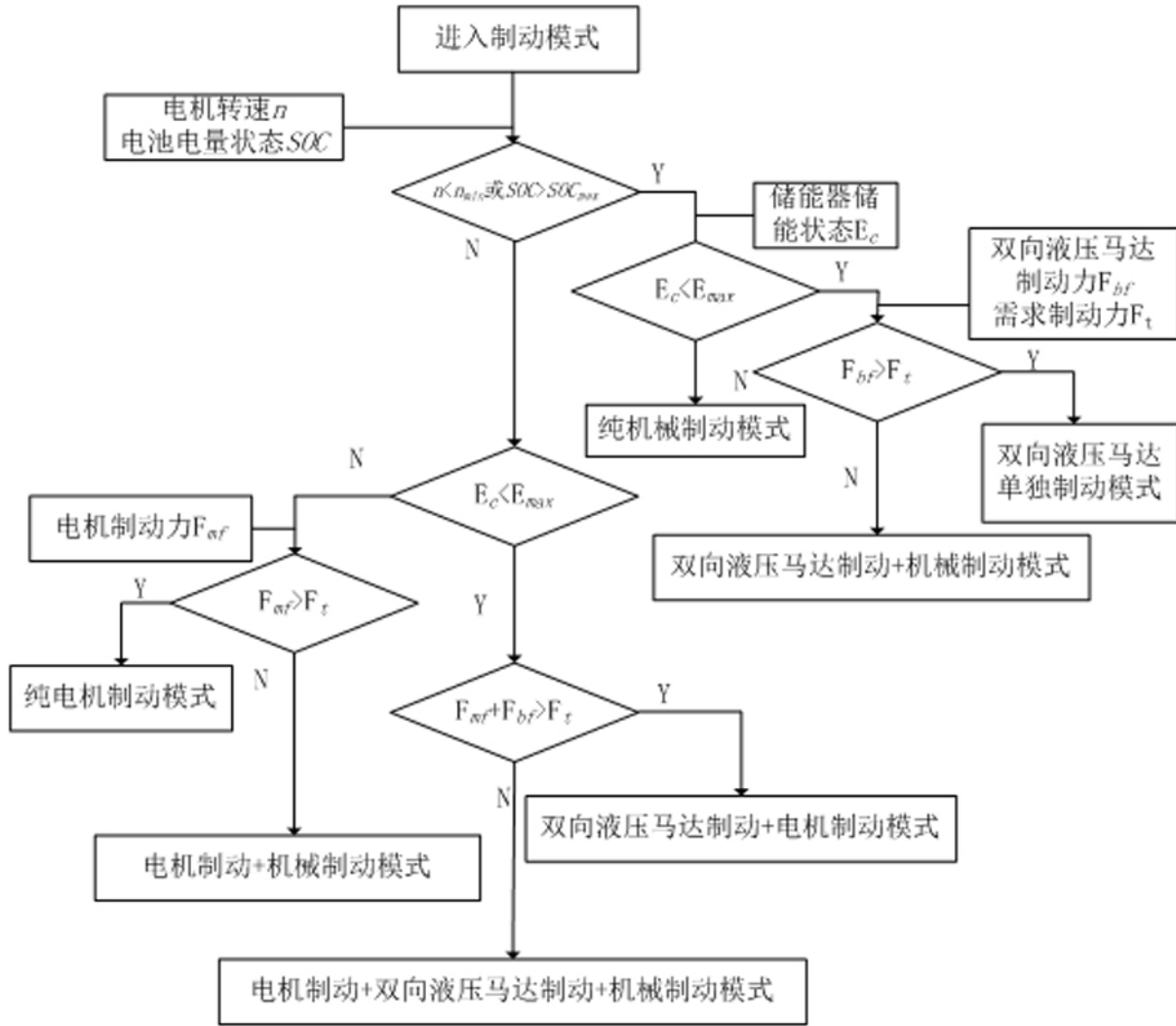


图3

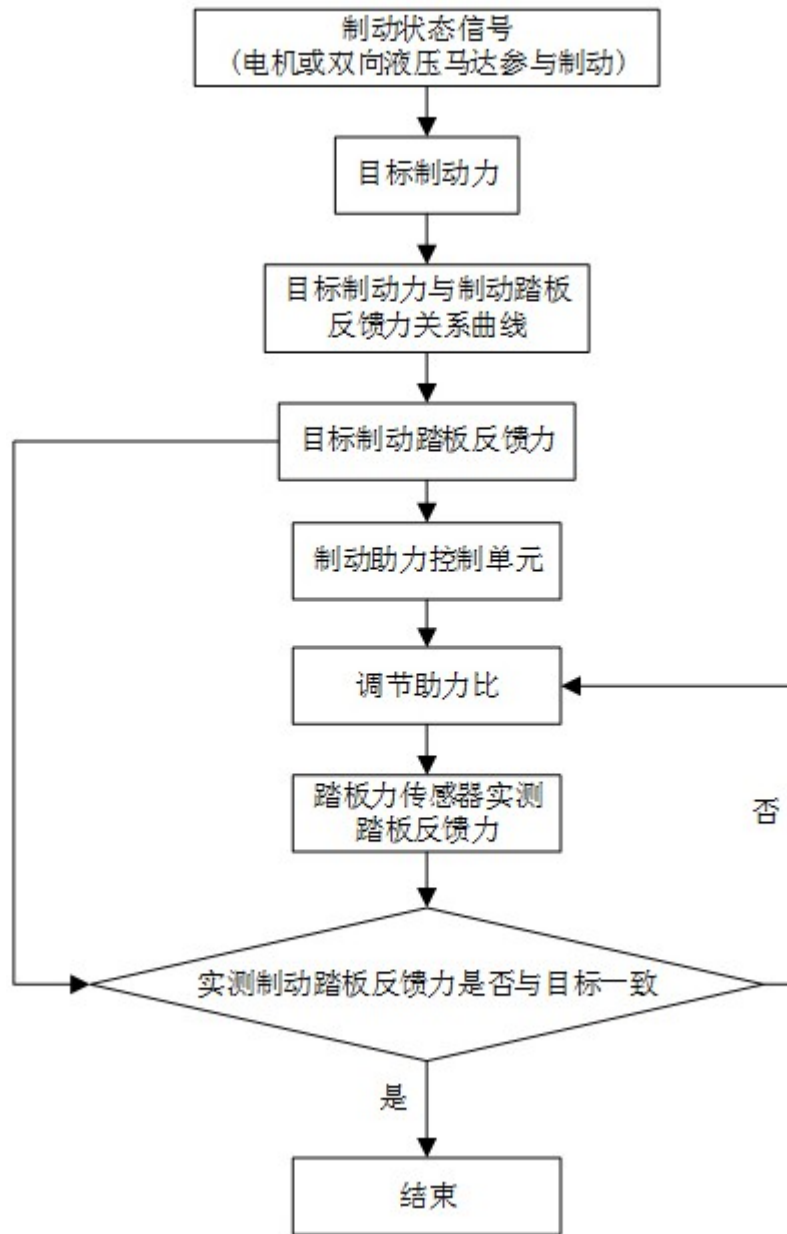


图4