

# 电动车及其电机控制方法、装置和存储介质

本申请要求于 2022 年 07 月 28 日提交中国专利局、优先权号为  
5 PCT/CN2022/108470、申请名称为“电动车及其电机控制方法、装置和存储介  
质”的中国专利申请的优先权，其全部内容通过引用结合在本申请中。

## 技术领域

本申请涉及电动车辆领域，尤其涉及一种电动车及其电机控制方法、装  
10 置和存储介质。

## 背景技术

随着电动车辆技术的发展，电动车辆的应用范围越来越广泛。对于用  
户来说，驾驶舒适性是选择电动车辆的主要原因之一。而在电动车辆的驱  
15 动过程中，当电机的输出扭矩在正负扭矩改变时，由于电机的齿轮啮合方  
向发生改变，会导致打齿，从而产生用户能明显感知的震动和噪音，影响  
驾驶舒适性。另外，打齿还可能对齿轮或花键等传动机构造成损伤。

目前，为了解决上述问题，通常是在对电机的输出扭矩进行正负扭矩  
改变时，通过滤波处理方法（比如，扭矩平滑处理方法）对输出扭矩进行  
20 处理来减小震动和噪音。但这种方式下仍存在较大的震动和噪音，从而导  
致用户的驾驶体验较差。

## 发明内容

本申请实施例提供一种电动车及其电机控制方法、装置和存储介质，用  
25 于解决电动车在行驶过程中，电机及其传动系统出现较大的震动和噪音的问  
题。

第一方面，本申请实施例提供一种电动车的电机控制方法，包括：检  
测所述电机的主动齿与轮端之间的传动系统的相对形变量；在相对形变量  
为第一阈值时，确定第一主动齿转速与第一轮端换算转速的第一速度差值，

相对形变量为第一阈值用于表示主动齿和传动系统的被动齿开始脱离，第一主动齿转速为在主动齿和被动齿的脱离时刻主动齿的转速，第一轮端换算转速为在脱离时刻，电动车的轮端转速经速比换算得到的转速；根据第一速度差值，确定电机的输出扭矩；根据输出扭矩，控制主动齿相对被动齿进行靠齿操作。

在一种可能的实施方式中，根据第一速度差值，确定电机的输出扭矩，包括：确定第一速度差值与第一时长的乘积为第一乘积，第一时长为自脱离时刻到主动齿与被动齿的接触时刻的持续时长；若第一乘积小于预设齿隙值，则确定输出扭矩包括第一扭矩和第二扭矩，其中，第一扭矩和第二扭矩的方向相反，第一扭矩为自脱离时刻至电机进行加减速状态的转变时刻的时间间隔内所需的扭矩，第二扭矩为自转变时刻至接触时刻的时间间隔内所需的扭矩。

在一种可能的实施方式中，第一扭矩和第二扭矩是通过以下方式确定的：在转变时刻，通过预设齿隙值、第一速度差值和第一时长，确定当前的主动齿转速与第二轮端换算转速的第二速度差值，第二轮端换算转速为在转变时刻，电动车的轮端转速经速比换算得到的转速；根据第二速度差值和第二轮端换算转速，确定第二主动齿转速，第二主动齿转速为在转变时刻主动齿的转速；根据第二主动齿转速、第一主动齿转速、脱离时刻与转变时刻的持续时长，以及主动齿在第二主动齿转速下的滑动摩擦力，确定第一扭矩；根据第二主动齿转速、第三主动齿转速、转变时刻与接触时刻的持续时长，以及主动齿在第三主动齿转速下的滑动摩擦力，确定第二扭矩，第三主动齿转速为在接触时刻主动齿的转速。

在一种可能的实施方式中，根据第一速度差值，确定电机的输出扭矩，还包括：若第一乘积大于或者等于预设齿隙值，则确定第一速度差值与第二时长的乘积为第二乘积，第二时长为自脱离时刻到转变时刻的持续时长；若第二乘积小于预设齿隙值，则确定输出扭矩包括第一扭矩和第二扭矩，其中，第一扭矩和第二扭矩的方向相同。

在一种可能的实施方式中，根据第一速度差值，确定电机的输出扭矩，还包括：若第二乘积大于或者等于预设齿隙值，则在目标时刻，确定第三轮端换算转速，第三轮端换算转速为在目标时刻，电动车的轮端转速经过速比

换算得到的转速，目标时刻为第二时长内主动齿与被动齿再接触的时刻；根据第三轮端换算转速、第一主动齿转速，以及脱离时刻与目标时刻的持续时长，确定第三扭矩，第三扭矩为自脱离时刻至目标时刻的时间间隔内所需的扭矩，输出扭矩包括第三扭矩。

- 5        在一种可能的实施方式中，确定电机的主动齿与轮端之间的传动系统的相对形变量，还包括：在检测到电机的输出扭矩发生改变时，确定当前的主动齿转速与被动齿转速的第三速度差值；根据第三速度差值，确定主动齿与被动齿的相对位移；根据相对位移，确定相对形变量。

- 10       在一种可能的实施方式中，确定电机的输出扭矩，包括：响应于对驾驶状态进行调整的调整操作，获取调整后的目标驾驶状态对应的驾驶状态信息；对驾驶状态信息进行转换处理，得到数字信号；对数字信号进行分析处理，得到扭矩信号；根据扭矩信号，确定输出扭矩。

- 15       在一种可能的实施方式中，数字信号通过不同数值表示电动车的不同驾驶状态，对数字信号进行分析处理，得到扭矩信号，包括：在数字信号为第一数值时，确定扭矩信号为第一预设信号；在数字信号为第二数值时，确定扭矩信号为第二预设信号；在数字信号为第一目标数值时，根据第一预设信号、第二预设信号和第一目标数值，确定扭矩信号为目标信号；其中，第一数值小于第二数值，第一目标数值大于第一数值且小于第二数值，第一预设信号为电动车的驾驶状态对应的灵敏度最低时的扭矩信号，第二预设信号为电动车的驾驶状态对应的灵敏度最高时的扭矩信号，目标信号为电动车的驾驶状态对应的灵敏度处于最高灵敏度和最低灵敏度之间时的扭矩信号。

- 20       在一种可能的实施方式中，在扭矩信号为目标信号时，根据扭矩信号，确定输出扭矩，包括：获取第一预设信号对应的第四扭矩，第二预设信号对应的第五扭矩；确定第一目标数值与第五扭矩的第三乘积；确定预设值和第一目标数值的第三乘积，并确定第一目标差值与第四扭矩的第四乘积；将第三乘积和第四乘积的和，确定为输出扭矩。

- 25       在一种可能的实施方式中，确定第一目标数值与第五扭矩的第三乘积，包括：获取预设系数，预设系数用于表示驾驶状态偏好系数；确定第一目标数值、预设系数和第五扭矩的乘积为第三乘积。

- 30       在一种可能的实施方式中，数字信号通过不同数值表示主动齿相对被动

齿进行靠齿过程中的不同靠齿时刻，电机控制方法还包括：确定数字信号为第三数值时对应的第一时刻，和数字信号为第四数值时对应的第二时刻；在数字信号为第二目标数值时，根据第一时刻、第二时刻和第二目标数值，确定主动齿相对被动齿进行靠齿过程中的目标靠齿时刻；其中，第三数值小于第四数值，第二目标数值大于第三数值且小于第四数值，第一时刻为电动车的驾驶状态对应的灵敏度最低时刻，第二时刻为电动车的驾驶状态对应的灵敏度最高时刻。

在一种可能的实施方式中，根据第一时刻、第二时刻和第二目标数值，确定主动齿相对被动齿进行靠齿过程中的目标靠齿时刻，包括：确定第二目标数值与第二时刻的第五乘积；确定预设值和第二目标数值的第二目标差值，并确定第二目标差值与第一时刻的第六乘积；将第五乘积和第六乘积的和，确定为目标靠齿时刻。

在一种可能的实施方式中，对驾驶状态进行调整的调整操作包括以下至少一种：将虚拟滑动组件在第一滑动区域进行滑动操作，虚拟滑动组件为电动车显示屏幕上显示的组件，第一滑动区域为显示屏幕上的预设区域，虚拟滑动组件在第一滑动区域上的不同位置表示不同驾驶状态；将实体滑动装置在第二滑动区域进行滑动操作，实体滑动装置为电动车上设置的装置，第二滑动区域为电动车上设置的预设区域，实体滑动装置在第二滑动区域上的不同位置表示不同驾驶状态；对预设的可调整选项进行的选择操作，可调整选项包括显示屏幕上显示的虚拟按钮和/或电动车设置的实体按钮，不同的可调整选项表示不同驾驶状态。

在一种可能的实施方式中，调整操作为对预设的可调整选项进行的选择操作时，可调整选项与第一滑动区域和/或第二滑动区域中的预设位置对应。

在一种可能的实施方式中，确定输出扭矩，包括：响应于调整操作，获取第一滑动区域和/或第二滑动区域的目标位置对应的位置信号，位置信号通过不同数值表示电动车的不同驾驶状态；确定位置信号为第五数值时对应的第六扭矩，和数字信号为第六数值时对应的第七扭矩；在位置信号为第三目标数值时，根据第六扭矩、第七扭矩和第三目标数值，确定输出扭矩。

在一种可能的实施方式中，根据第六扭矩、第七扭矩和第三目标数值，确定输出扭矩，包括：确定第三目标数值与第七扭矩的第七乘积；确定预设

值和第三目标数值的第三目标差值，并确定第三目标差值与第六扭矩的第八乘积；将第七乘积和第八乘积的和，确定为输出扭矩。

第二方面，本申请实施例提供一种电动车的电机控制装置，包括：检测模块，用于检测电机的主动齿与轮端之间的传动系统的相对形变量；确定模块，用于在相对形变量为第一阈值时，确定第一主动齿转速与第一轮端换算转速的第一速度差值，相对形变量为第一阈值用于表示主动齿和传动系统的被动齿开始脱离，第一主动齿转速为在主动齿和被动齿的脱离时刻主动齿的转速，第一轮端换算转速为在脱离时刻，电动车的轮端转速经速比换算得到的转速；处理模块，用于根据第一速度差值，确定电机的输出扭矩；控制模块，用于根据输出扭矩，控制主动齿相对被动齿进行靠齿操作。

第三方面，本申请实施例提供一种电动车，包括：处理器，以及与处理器通信连接的存储器；存储器存储计算机执行指令；处理器执行存储器存储的计算机执行指令，以实现如第一方面的电动车的电机控制方法。

第四方面，本申请实施例提供一种计算机可读存储介质，计算机可读存储介质中存储有计算机执行指令，计算机执行指令被处理器执行时用于实现第一方面的电动车的电机控制方法。

第五方面，本申请实施例提供一种计算机程序产品，包括计算机程序，计算机程序被处理器执行时实现如第一方面的电动车的电机控制方法。

本申请实施例提供的电动车及其电机控制方法、装置和存储介质，通过对电机的主动齿在啮合方向发生改变时的动态过程进行分析，结合电机高精度的主动齿位置和转速测量以及电机快速调节扭矩的特点，在检测到电机的输出扭矩的方向将要发生改变时，通过控制主动齿的扭矩进行主动靠齿操作，减小主动齿和被动齿脱离后再接触时的速度差，从而减小甚至消除由于惯性冲击导致的主动齿和被动齿之间的震动和噪音。且本申请不需要对电动车原有硬件进行改变或增加新的传感器，仅通过对轮端转速、电机主动齿转速、齿隙的计算，即可实现靠齿控制。同时本申请可以最大程度的放开电机在输出扭矩的方向将要发生改变时对输出扭矩下降斜率或上升斜率的限制，使电机的输出扭矩可以跟随用户的操作和期望，可避免相关技术中因对电机的输出扭矩下降斜率或上升斜率的限制导致的松油门后有加速感或踩油门电动车响应差的问题。

## 附图说明

为了更清楚地说明本申请实施例或相关技术中的技术方案，下面将对实施例或相关技术描述中所需要使用的附图作一简单地介绍，显而易见地，下面描述中的附图是本申请的一些实施例，对于本领域普通技术人员来讲，在不付出创造性劳动性的前提下，还可以根据这些附图获得其他的附图。

图 1 为相关技术提供的扭矩滤波方法的一种曲线示意图；

图 2 为本申请实施例提供的电动车的结构示意图；

图 3 为本申请实施例提供的电动车的电机控制方法的流程图；

10 图 4 为本申请实施例提供的主动齿和被动齿的运动过程示意图；

图 5 为本申请实施例提供的控制主动齿靠齿的曲线示意图；

图 6 为本申请实施例提供的对图 5 中的阴影面积进行几何模型简化处理实施例一的示意图；

15 图 7 为本申请实施例提供的对图 5 中的阴影面积进行几何模型简化处理实施例二的示意图；

图 8 为本申请实施例提供的与图 7 对应的电机输出扭矩的曲线示意图；

图 9 为本申请实施例提供的对图 5 中的阴影面积进行几何模型简化处理实施例三的示意图；

图 10 为本申请实施例提供的与图 9 对应的电机输出扭矩的曲线示意图；

20 图 11 为相关技术提供的确定驾驶状态的示意图；

图 12 为本申请实施例提供的驾驶状态控制装置示意图；

图 13 为本申请实施例提供的确定输出扭矩的一种示意图；

图 14 为本申请实施例提供的确定输出扭矩的另一种示意图；

图 15 为本申请实施例提供的确定输出扭矩的另一种示意图；

25 图 16 为本申请实施例提供的通过  $t_{12}$  和  $t_{23}$  确定  $t_{13}$  的示意图；

图 17 为本申请实施例提供的确定靠齿时刻的一种示意图；

图 18 为本申请实施例提供的显示屏上的虚拟滑块滑动示意图；

图 19 为本申请实施例提供的多个可调整选项的示意图；

图 20 为本申请实施例提供的电动车的电机控制装置的结构示意图；

30 图 21 是根据一示例性实施例示出的一种电动车的框图。

## 具体实施方式

为使本申请实施例的目的、技术方案和优点更加清楚，下面将结合本申请实施例中的附图，对本申请实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述，

5 显然，所描述的实施例是本申请一部分实施例，而不是全部的实施例。基于本申请中的实施例，本领域普通技术人员在根据本实施例的启示下做出的所有其他实施例，都属于本申请保护的范围。

本申请的说明书和权利要求书及上述附图中的术语“第一”、“第二”、“第三”“第四”等（如果存在）是用于区别类似的对象，而不必用于描述特定的  
10 顺序或先后次序。应该理解这样使用的数据在适当情况下可以互换，以便这里描述的本申请的实施例能够以除了在这里图示或描述的那些以外的顺序实施。此外，术语“包括”和“具有”以及他们的任何变形，意图在于覆盖不排他的包含，例如，包含了一系列步骤或单元的过程、方法、系统、产品或设备不必限于清楚地列出的那些步骤或单元，而是可包括没有清楚地列出的或对于  
15 于这些过程、方法、产品或设备固有的其它步骤或单元。

下面首先对本申请中涉及的名词进行解释。

扭矩：是使物体发生转动的一种特殊的力矩。电机扭矩即为电机的输出扭矩。

齿隙：是一对齿轮啮合时，齿面间的间隙。齿隙是齿轮啮合圆滑运转所  
20 必须的参数。

相对形变：非刚性材料发生受力时产生的形变，包括但不限于扭转、偏置等。

背景技术中提供的相关技术中，至少存在以下技术问题：

随着世界各国对碳排放日益严苛的控制，以及提出碳达峰和碳中和日期  
25 表，并有计划的提出燃油车禁售时间表，同时大力鼓励和扶持新能源汽车，也即电动车。以当前的新能源应用范围的扩增趋势来看，电动车的研发、生产和应用规模都会以高速增长。而电动车的驱动过程是通过根据整车控制器或电机控制器确定的目标扭矩，来控制电机的输出扭矩来实现的。当电机在正负扭矩改变，也即电机的输出扭矩方向发生变化时，由于电机的齿轮啮合  
30 方向发生改变，受力方向不一致，会导致打齿，从而产生用户能明显感知的

震动和噪音，影响驾驶舒适性。另外，打齿还可能对齿轮或花键等传动机构造成损伤。

针对上述的问题，相关技术中是在对电机的输出扭矩进行正负扭矩改变时，通过滤波处理方法对输出扭矩进行处理来减小震动和噪音，该滤波方法

5 可以是扭矩平滑处理方法。如图 1 所示，以电机的输出扭矩从正扭矩改变至负扭矩的过程为例，对主动齿在穿越齿隙过程中主动齿转速与被动齿转速的速度差在时间上进行积分，即为图中的阴影面积，该阴影面积为齿隙值。在图 1 中，主动齿和被动齿的相对运动可以分为四个阶段，分别为图 1 中的①、②、③和④，其中，①阶段为正扭矩下降及弹性压力释放阶段；②阶段为主动

10 齿的靠齿过程；③阶段为主动齿和被动齿发生接触及压缩的过程；④阶段为电机的负扭矩增大及弹性压力压缩阶段。图 1 中的  $\Delta N_1$  可以用于表示主动齿和被动齿在脱离时刻时，轮端换算转速和主动齿转速的速度差值。

上述相关技术存在以下问题：1) 通过对输出扭矩进行平滑处理，以小扭矩或零扭矩输出的方式使主动齿缓慢通过齿间隙，导致主动齿穿过齿隙耗时长，正负扭矩改变用时长，用户在驾驶感受上存在电机的输出扭矩响应不连续及中断，从而感知到动力输出延迟，驾驶性体验差；2) 主动齿与被动齿在转速差最大值处接触，依然会产生惯性冲击和碰撞噪音，对震动和噪音的改善不明显；3) 主动齿和被动齿在弹性压力释放阶段的扭矩斜率过大，因此  $\Delta N_1$  较大，导致主动齿穿越齿隙时初速度过大，从而导致主动齿与被动齿再

15 接触时速度差过大，从而导致电动车出现严重的冲击及连续的抖动，因此，限制了弹性压力释放阶段扭矩斜率下降或上升，导致用户松油门后电动车依然存在加速度，或用户踩油门电动车不加速，因此，导致电动车的动态响应差。

本申请提出一种电动车的电机控制方法，通过对传动系统中电机的主动齿在啮合方向发生改变时的动态过程进行分析，结合电机高精度的主动齿位置

25 和转速测量以及电机快速调节扭矩的特点，在检测到电机的输出扭矩的方向发生改变时，通过控制主动齿进行靠齿操作，减小主动齿和被动齿脱离后再接触时的速度差，从而减小甚至消除由于惯性冲击导致的主动齿和被动齿之间的震动和噪音。

30 在一种实施例中，可以在一种应用场景中应用该电动车的电机控制方法。

图 2 为本申请实施例提供的电动车的结构示意图，如图 2 所示，该电动车可以包括电子控制单元（Electronic Control Unit，简称：ECU）、左前车轮、左前轮速传感器、左前传动轴、前电机旋变、前电机、前电机控制与驱动器、前电机减速变速器、右前传动轴、右前轮速传感器、右前车轮、高压电池、左后车轮、左后轮速传感器、后电机旋变、后电机、后电机控制与驱动器、后电机减速变速器、左后传动轴、右后传动轴、右后轮速传感器、右后车轮。

在上述场景中，前电机的输出扭矩通过前电机减速变速器传递至左前车轮和右前车轮；后电机的输出扭矩通过后电机减速变速器传递至左后车轮和右后车轮，然后通过左前轮速传感器、右前轮速传感器、左后轮速传感器和右后轮速传感器分别收集对应车轮的轮速。左前轮速传感器、右前轮速传感器、左后轮速传感器和右后轮速传感器检测到的速度值均由 ECU 收集并处理，ECU 通过获取到的轮速，确定前电机和后电机的输出扭矩的扭矩方向是否发生改变，并在扭矩方向发生改变时，控制主动齿进行靠齿操作，从而实现主动控制主动齿的转速，这样就可以降低甚至避免主动齿穿越齿隙时初速度较大、耗时长的问题，因此，可以降低甚至避免动力输出延迟、震动和噪音的问题，

结合上述场景，下面通过几个具体实施例对本申请提供的电动车的电机控制方法的技术方案进行详细说明。

本申请提供了一种电动车的电机控制方法。图 3 为本申请实施例提供的电动车的电机控制方法的流程图，如图 3 所示，该方法包括以下步骤：

S301：检测电机的主动齿与轮端之间的传动系统的相对形变量。

在本步骤中，可以在电机的输出扭矩的方向将要发生改变时，确定电机主动齿和传动系统的被动齿的啮合方向是否将要发生改变，也即电机的输出扭矩的方向改变时，说明主动齿和被动齿之间将要脱离，也即主动齿和被动齿之间的弹性力会释放，使弹性力减小，主动齿和轮端之间的传动系统的相对形变量也在减小。

可选地，可以在电机运行过程中持续检测电机的主动齿与被动齿的啮合方向，持续计算主动齿与轮端之间的传动系统的相对形变量，从而在检测到电机的输出扭矩的方向即将发生改变时，确定主动齿与轮端之间的传动系统的相对形变量。

可选地，主动齿与轮端之间的传动系统的相对形变可以包括齿轮形变及轴形变。

S302：在相对形变量为第一阈值时，确定第一主动齿转速与第一轮端换算转速的第一速度差值。

5        在本步骤中，相对形变量为第一阈值用于表示主动齿和传动系统的被动齿开始脱离，第一主动齿转速为在主动齿和被动齿的脱离时刻主动齿的转速，第一轮端换算转速为在脱离时刻，电动车的轮端转速经速比换算得到的转速。相对形变量为第一阈值可以为相对形变量等于零，该时刻即为主动齿和被动齿之间开始脱离的脱离时刻。主动齿和被动齿脱离与再接触的过程可以如图  
10    4 所示，图 4 为本申请实施例提供的主动齿和被动齿的运动过程示意图，在图 4 中，该运动过程可以为将固定坐标系经过坐标（park）变换转换至旋转坐标系后，主动齿和被动齿之间的运动分解过程，其中，旋转坐标系的频率由轮速换算（轮速相对稳定，可以获得相对稳定的坐标系频率）得到，主动齿和被动齿之间的相对运动可以等效为以下 6 个阶段或时刻：释放弹性阶段、主  
15    动齿与被动齿开始脱离时刻、主动齿自由旋转阶段、主动齿与被动齿开始重新啮合时刻、主动齿与被动齿开始接触时刻及弹性压缩阶段。

可选地，主动齿和被动齿开始脱离还可以通过以下方式确定：主动齿和被动齿之间的弹性形变在恢复过程中，相对形变恢复量等于弹性形变量。

20        可选地，在相对形变量为第一阈值，也即主动齿与被动齿开始脱离时，就可以确定这一时刻的第一主动齿转速与第一轮端换算转速的速度差值，将该速度差值记为第一速度差值。以便于根据该第一速度差值确定出电机所需的输出扭矩。

S303：根据第一速度差值，确定电机的输出扭矩。

25        在本步骤中，在确定了第一速度差值以后，就可以通过第一速度差值计算得到电机的输出扭矩，如图 5 所示，图 5 为本申请实施例提供的控制主动齿靠齿的曲线示意图。在图 5 中，以电机的输出扭矩从正扭矩改变至负扭矩为例，主动齿和被动齿的相对运动可以分解为三个阶段，其中，①阶段可以为正扭矩下降及弹性释放阶段，②阶段可以为主动齿靠齿阶段，③阶段可以为负扭矩增大及弹性压缩阶段。在图 5 中：

30        u 可以用于表示扭矩变化速率；

$T_{12}$  可以用于表示主动控制主动齿进行靠齿所需的第一扭矩，其作用为：加速电机转子（主动齿），使电机轴快速穿越齿轮间隙区；

$T_{23}$  可以用于表示主动控制主动齿进行靠齿所需的第二扭矩，其作用为：减小齿轮啮合面接触时的转速差，进而降低转速差带来的惯性冲击；

- 5         $T_{34}$  可以用于表示主动靠齿控制结束后的过渡扭矩，即从靠齿控制扭矩过渡至稳定扭矩的扭矩；

$T_{45}$  可以用于表示稳定扭矩，即此时电机的输出扭矩等于驾驶员需求扭矩（或加速踏板需求扭矩）；

$t_0$  可以用于表示用户松油门时，电机的输出扭矩开始下降的时刻；

- 10        $t_1$  可以用于表示主动齿与被动齿开始脱离的时刻；

$t_2$  可以用于表示  $T_{12}$  第一扭矩作用截至时刻，在该时刻主动齿的转速从加速变为减速，可以为预设时间点；

$t_3$  可以用于表示  $T_{23}$  第二扭矩作用截至时刻，也即主动齿和被动齿再接触的时刻；

- 15        $t_4$  可以用于表示电机的输出扭矩达到稳定扭矩的时刻；

$t_5$  可以用于表示电机的输出扭矩持续稳定在稳定扭矩的最后时刻；

$t_{01}$  可以用于表示从用户松油门开始到主动齿与被动齿开始脱离的持续时长；

$t_{12}$  可以用于表示  $T_{12}$  第一扭矩作用时长；

- 20        $t_{23}$  可以用于表示  $T_{23}$  第二扭矩作用时长；

$t_{13}$  可以用于表示  $t_{12}+t_{23}$  的总时间，即主动控制主动齿靠齿的作用时长；

$t_{34}$  可以用于表示  $T_{34}$  扭矩作用时长，即过渡扭矩的持续时间；

$t_{45}$  可以用于表示  $T_{45}$  扭矩作用时长，即电机的输出扭矩达到稳定扭矩后的持续时间；

- 25        $N_0$  可以用于表示由轮端转速经速比换算的转速，简称轮端换算转速；

$N_{01}$  可以用于表示  $t_1$  时刻的轮端换算转速；

$N_{02}$  可以用于表示  $t_2$  时刻的轮端换算转速；

$N_{03}$  可以用于表示  $t_3$  时刻的轮端换算转速；

$N_R$  可以用于表示电机转子转速，即主动齿转速；

- 30        $N_{R1}$  可以用于表示  $t_{01}$  结束时，主动齿转速，也即  $t_1$  时刻的主动齿转速；

$N_{R2}$  可以用于表示  $t_{12}$  结束时，主动齿转速，也即  $t_2$  时刻的主动齿转速；

$\Delta N_1$  可以用于表示  $t_1$  时刻的  $N_{O1}$  与  $N_{R1}$  的速度差，即主动齿与被动齿脱离时刻的轮端换算转速与主动齿转速的转速差；

$\Delta N_2$  可以用于表示  $t_2$  时刻的  $N_{O2}$  与  $N_{R2}$  的速度差，即  $T_{12}$  第一扭矩作用截至时刻的轮端换算转速与主动齿转速的转速差。

可选地，可以对主动齿在穿越齿隙过程中主动齿与被动齿的速度差在时间上进行积分，即为图 5 中的阴影面积，该阴影面积为齿隙值。通过确定第一速度差值，也即  $\Delta N_1$ ，计算得到电机的输出扭矩，也即  $T_{12}$  和  $T_{23}$ 。

可选地，图 5 中的①阶段，弹性释放形变的积分范围可以为：从用户松油门后被动齿跟随脱离开始，至电机的输出扭矩为 0 或弹性释放形变的积分值等于弹性形变预设值为止。其中，弹性形变预设值可以用输出扭矩和弹性释放形变的映射表表示，当弹性释放形变的累计积分值到达弹性形变预设值时，认为弹性释放形变结束。映射表的预设方法可以为：静态下在整车或传动系统总成上给定电机不同的堵转扭矩，测量此堵转扭矩下电机轴旋转的角度。

图 5 中的②阶段，齿隙积分范围可以为：从弹性释放形变结束，至齿隙积分值达到预设齿隙值  $S$  或自学习齿隙值  $S$  为止。

图 5 中的③阶段，弹性压缩形变的积分范围可以为：从齿隙积分结束，至主动齿和被动齿重新啮合为止。

可选地，积分计算公式可以如下表示：

$$L = \Sigma \Delta \omega$$

$$\Delta \omega = \Delta N \times 2\pi/60$$

当采样频率为  $\Delta t$  时

$$L_t = L_{t-1} + \Delta \omega \times \Delta t$$

其中， $L$  可以用于表示主动齿与被动齿的相对位置差的积分，弹性形变积分与齿隙积分都可用该值表示，单位为弧度 rad； $\Delta N$  可以用于表示主动齿与被动齿的速度差，单位为转/分 rpm； $\omega$  可以用于表示经单位换算后的主动齿与被动齿的速度差，单位 rad/s。

**S304:** 根据输出扭矩，控制主动齿相对被动齿进行靠齿操作。

在本步骤中，由于对主动齿转速的主动控制是通过对电机的输出扭矩进

行控制来实现的，因此，通过控制电机的输出扭矩，就可以控制主动齿相对被动齿进行靠齿操作，从而实现减小齿接触时主动齿和被动齿的速度差，以减小齿接触时的惯性冲击，从而消除震动和噪音。

本实施例提供的电动车的电机控制方法，通过引入电机输出扭矩改变时的弹性形变，对弹性形变进行计算，并对弹性形变引起的相对初速度进行识别，从而根据初速度实施对应的电机输出扭矩的控制策略，以控制主动齿主动进行靠齿操作，因此，能有效降低甚至避免或解决齿接触时的惯性冲击，从而消除震动和噪音。另外，由于主动控制主动齿靠齿，可以消除扭矩平滑处理方案中的接触及压缩阶段，减小主动齿穿过齿隙的时间，缩短齿啮合面改变过程，即减小了正扭矩和负扭矩的改变时间，提升了扭矩响应，有更优秀的驾驶性能。

在一种实施例中，根据第一速度差值，确定电机的输出扭矩，包括：确定第一速度差值与第一时长的乘积为第一乘积，第一时长为自脱离时刻到主动齿与被动齿的接触时刻的持续时长；若第一乘积小于预设齿隙值，则确定输出扭矩包括第一扭矩和第二扭矩，其中，第一扭矩和第二扭矩的方向相反，第一扭矩为自脱离时刻至电机进行加减速状态的转变时刻的时间间隔内所需的扭矩，第二扭矩为自转变时刻至接触时刻的时间间隔内所需的扭矩。

在该方案中，在根据第一速度差值，确定电机的输出扭矩时，可以先确定第一速度差值与第一时长的乘积，也即 $\Delta N_1 \times (t_{12} + t_{23})$ ，当 $\Delta N_1 \times (t_{12} + t_{23}) < 2S$ 时（其中，S可以用于表示默认齿隙值，在预设齿隙值取2S时，为最优方案），通过第一速度差值计算得到的第一扭矩 $T_{12}$ 和第二扭矩 $T_{23}$ 的方向相反，此时输出扭矩曲线可以如图5所示。

可选地，通过确定出电机的输出扭矩，可以对主动齿的转速进行主动控制，即先减速再加速（或先加速后减速，取决于电机的输出扭矩的改变方向）的扭矩控制，减少主动齿穿越齿隙时所耗时长，降低甚至避免动力响应较慢的问题；通过控制主动齿的转速，减小主动齿与被动齿在再接触时的转速差，在理想情况下，转速差可减小至零，可完全消除震动和噪音。

在一种实施例中，第一扭矩和第二扭矩是通过以下方式确定的：在转变时刻，通过预设齿隙值、第一速度差值和第一时长，确定当前的主动齿转速与第二轮端换算转速的第二速度差值，第二轮端换算转速为在转变时刻，电

动车的轮端转速经速比换算得到的转速；根据第二速度差值和第二轮端换算转速，确定第二主动齿转速，第二主动齿转速为在转变时刻主动齿的转速；根据第二主动齿转速、第一主动齿转速、脱离时刻与转变时刻的持续时长，以及主动齿在第二主动齿转速下的滑动摩擦力，确定第一扭矩；根据第二主动齿转速、第三主动齿转速、转变时刻与接触时刻的持续时长，以及主动齿在第三主动齿转速下的滑动摩擦力，确定第二扭矩，第三主动齿转速为在接触时刻主动齿的转速。

在该方案中，可以将图 5 中的阴影面积进行几何模型简化处理，如图 6 所示，通过图 6 所示的简化模型，可以确定电机的输出扭矩：

由简化模型可知，当  $N_{O1}$ 、 $N_{R1}$ 、 $t_{12}$ 、 $t_{23}$  确定时， $N_{O2}$ 、 $N_{O3}$  为确定值， $N_{R2}$  的时间分量为确定值。且  $N_{O1}$ 、 $N_{O3}$ 、 $N_{R1}$ 、 $N_{R2}$  的合围面积齿隙值  $S$ ，也为确定值。

根据以上条件可求出  $\Delta N_2$ 、 $N_{R2}$  的速度分量；然后对线段  $N_{R1}N_{R2}$  求导可得速度变化率  $a_{12}$ ，对线段  $N_{R2}N_{O3}$  求导可得速度变化率  $a_{23}$ ，根据速度变化率  $a_{12}$  和  $a_{23}$ ，可确定第一扭矩  $T_{12}$  以及第二扭矩  $T_{23}$ 。用公式表示可以如下所示：

$$2S = \Delta N_1 \times t_{12} + \Delta N_2 \times (t_{12} + t_{23})$$

$$\Delta N_2 = (2S - \Delta N_1 \times t_{12}) / (t_{12} + t_{23})$$

$$N_{R2} = N_{O2} - \Delta N_2 = N_{O2} - (2S - \Delta N_1 \times t_{12}) / (t_{12} + t_{23})$$

$$a_{12} = (N_{R2} - N_{R1}) / t_{12}$$

$$a_{23} = (N_{O3} - N_{R2}) / t_{23}$$

已知电机转子的转动惯量，可根据电机转子的转动惯量  $I$  求出第一扭矩  $T_{12}$  以及第二扭矩  $T_{23}$ ，用公式表示可以如下所示：

$$T_{12} = I \times a_{12} + T_F$$

$$T_{23} = I \times a_{23} + T_F$$

其中，可根据电动车不同的驾驶模式确定一张或多张表格，表格内可以存储主动齿转速（或车速）与  $t_{12}$ 、 $t_{23}$  的映射关系，因此， $t_{12}$ 、 $t_{23}$  可以通过查询表格获取到； $T_F$  可以用于表示当前主动齿转速和温度下，主动齿旋转的滑动摩擦力，可通过台架测试获得。

可选地，轮端换算转速  $N_O$  可通过以下公式确定：

$$N_O = N * i$$

车速预测公式可通过以下公式确定：

$$\begin{aligned} V &= V_1 + a \times \Delta t = V_1 + a_F \times \Delta t - \sin\theta \times g \times \Delta t + F/m \times \Delta t \\ &= (N_{O1} + a_O \times \Delta t) \times 2\pi r/K/i \end{aligned}$$

5

$$K = N_1 \times 2\pi r/V_1$$

车速加速度公式可通过以下公式确定：

$$a = a_F - \sin\theta \times g + F/m$$

$$\text{则 } a_F \times \Delta t - \sin\theta \times g \times \Delta t + F/m \times \Delta t = a_O \times \Delta t \times 2\pi r/K/i$$

轮速加速度公式：

$$10 \quad a_O = a/(\Delta t \times 2\pi r \times K) = (-a_F - \sin\theta \times g + F/m)/(2\pi r/K/i)$$

轮速预测公式：

$$N_{O\Delta t} = N_{O1} + a_O \times \Delta t = N_{O1} + (-a_F - \sin\theta \times g + F/m) \times \Delta t / (2\pi r/K/i)$$

其中，K可以用于表示轮胎滑移系数；N可以用于表示车轮轮速； $N_1$ 可以用于表示某时刻车轮轮速； $N_O$ 可以用于表示轮端换算转速；V可以用以表示  
15 电动车车速； $V_1$ 可以用于表示电动车某时刻的车速；a可以用于表示车速的加速度；F可以用于表示轮端扭矩，主动齿穿越齿隙过程中， $F=0$ ； $a_F$ 可以用于表示整车滑行阻力(风阻+轮端摩擦力+传动系统机械摩擦力)导致的减速度，可通过滑行曲线获得； $a_O$ 可以用于表示轮速的加速度；r可以用于表示车轮的半径； $\theta$ 可以用于表示坡度；i可以用于表示车轮与电机转子之间的速比； $\Delta t$ 可  
20 以用于表示某一时间段的时长；g可以用于表示重力加速度；m可以用于表示电动车的质量。

可选地，除了通过确定  $t_{12}$ 、 $t_{23}$  来确定电机的输出扭矩控制主动齿完成靠齿操作以外，还可以通过给定的  $T_{12}$  和  $T_{23}$  的值来完成主动齿的靠齿动作，可根据不同的驾驶模式确定一张或多张表格，表格内存储为主动齿转速（或车速）与  $T_{12}$ 、 $T_{23}$  的映射关系，也即， $T_{12}$ 、 $T_{23}$  可以通过查询表格获取到，则确定出  $T_{12}$ 、 $T_{23}$  对应的时间即可完成主动齿的靠齿动作，用公式可以表示如下：

$$a_{12} = I/T_{12}$$

$$a_{23} = I/T_{23}$$

$$2S = \Delta N_1 \times t_{12} + \Delta N_2 \times (t_{12} + t_{23})$$

30

$$\Delta N_2 = \Delta N_1 - a_{13} \times t_{12} + a_{12} \times t_{12}$$

$$\Delta N_1 + a_{12} \times t_{12} = a_{23} \times t_{23} + a_{13} \times (t_{12} + t_{23})$$

$$t_{23} = (\Delta N_1 + a_{12} \times t_{12} - a_{13} \times t_{12}) / (a_{13} + a_{23})$$

$$2S = \Delta N_1 \times t_{12} + (\Delta N_1 - a_{13} \times t_{12} + a_{12} \times t_{12}) \times (t_{12} + (\Delta N_1 + a_{12} \times t_{12} - a_{13} \times t_{12}) / (a_{13} + a_{23}))$$

5 其中， $a_{13}$ 可以用于表示对线段  $N_{O1}N_{O3}$  求导得到的速度变化率。

通过上述公式可确定第一扭矩  $T_{12}$  对应的时间  $t_{12}$  和第二扭矩  $T_{23}$  对应的时间  $t_{23}$ ，即确定整个靠齿过程。

10 可选地，在  $N_{O1}$ 、 $N_{O3}$ 、 $N_{R1}$ 、 $N_{R2}$  的合围面积为齿隙  $S$  确定时， $N_{O1}$  和  $N_{R1}$  确定，还可以通过确定  $T_{12}$ 、 $T_{23}$ 、 $t_{12}$ 、 $t_{23}$ 、 $t_{13}$  中的任意两个量来确定整个靠齿过程。

15 可选地，通过对主动齿的转速主动控制，即先减速再加速（或先加速后减速，取决于电机的输出扭矩将要改变的方向）的扭矩控制，减少主动齿穿越齿隙时所耗时长，降低甚至避免动力响应较慢的问题；通过控制主动齿的转速，减小主动齿与被动齿在再接触时的转速差，在理想情况下，转速差可减小至零，可完全消除震动和噪音。

20 在一种实施例中，根据第一速度差值，确定电机的输出扭矩，还包括：若第一乘积大于或者等于预设齿隙值，则确定第一速度差值与第二时长的乘积为第二乘积，第二时长为自脱离时刻到转变时刻的持续时长；若第二乘积小于预设齿隙值，则确定输出扭矩包括第一扭矩和第二扭矩，其中，第一扭矩和第二扭矩的方向相同。

在该方案中，当计算出的第一乘积大于或者等于预设齿隙值  $2S$  时，则需要确定第一速度差值与第二时长的乘积，也即当  $\Delta N_1 \times (t_{12} + t_{23}) \geq 2S$  时，需要计算  $\Delta N_1 \times t_{12}$ 。

25 可选地，若  $\Delta N_1 \times t_{12} < 2S$ ，则此时可以将图 5 中的阴影面积进行几何模型简化处理，得到如图 7 所示的简化模型，此时确定第一扭矩  $T_{12}$  和第二扭矩  $T_{23}$  的公式与前述  $\Delta N_1 \times (t_{12} + t_{23}) < 2S$  时相同，但是在  $\Delta N_1 \times t_{12} < 2S$  时，第一扭矩  $T_{12}$  和第二扭矩  $T_{23}$  的方向相同，输出扭矩曲线可以如图 8 所示。

30 可选地，在图 8 中，虚线  $T_1$  可以用于表示输出扭矩下降阶段可能的扭矩曲线，扭矩曲线取决于扭矩变化速率  $u$ 、主动齿与被动齿脱离时刻  $t_1$ 、主动齿与被动齿脱离时的初速度差  $\Delta N_1$ ，其中， $u$  可以用于表示从用户松油门输出扭

矩开始下降的时刻至主动齿与被动齿开始脱离的时刻 ( $t_0$  至  $t_1$ ), 扭矩下降的平均斜率, 也即扭矩下降斜率, 也可以称为扭矩变化速率。

可选地, 通过对主动齿的转速主动控制, 即先减速再加速 (或先加速后减速, 取决于电机的输出扭矩的改变方向) 的扭矩控制, 减少主动齿穿越齿隙时所耗时长, 降低甚至避免动力响应较慢的问题; 通过控制主动齿的转速, 减小主动齿与被动齿在再接触时的转速差, 在理想情况下, 转速差可减小至零, 可完全消除震动和噪音。

在一种实施例中, 根据第一速度差值, 确定电机的输出扭矩, 还包括: 若第二乘积大于或者等于预设齿隙值, 则在目标时刻, 确定第三轮端换算转速, 第三轮端换算转速为在目标时刻, 电动车的轮端转速经过速比换算得到的转速, 目标时刻为第二时长内主动齿与被动齿再接触的时刻; 根据第三轮端换算转速、第一主动齿转速, 以及脱离时刻与目标时刻的持续时长, 确定第三扭矩, 第三扭矩为自脱离时刻至目标时刻的时间间隔内所需的扭矩, 输出扭矩包括第三扭矩。

在该方案中, 若第二乘积大于或者等于预设齿隙值, 也即  $\Delta N_1 \times t_{12} \geq 2S$ , 则可以将图 5 中的阴影面积进行几何模型简化处理, 得到如图 9 所示的简化模型, 则此时, 只需要计算  $t_1$  至  $t_{2'}$  的时长内所需的扭矩即可,  $t_{2'}$  即为目标时刻, 也为  $t_1$  至  $t_2$  的时长内主动齿与被动齿再接触的时刻。

可选地,  $\Delta N_1 \times t_{12} \geq 2S$  时确定电机的输出扭矩 (第三扭矩) 可以通过以下公式表示:

$$\Delta N_1 \times t_{12'} = 2S$$

$$t_{12'} = 2S/\Delta N_1$$

$$N_{O2'} = N_{O1} - a_{13} \times t_{12'}$$

$$a_{12'} = (N_{O2'} - N_{R1})/t_{12'}$$

$$T_{12'} = I \times a_{12'}$$

其中,  $t_{12'}$  可以用于表示  $t_1$  至  $t_{2'}$  的时长;  $N_{O2'}$  可以用于表示  $t_{2'}$  时刻主动齿与被动齿再接触时的轮速换算转速;  $a_{12'}$  可以用于表示线段  $N_{O1}N_{O2'}$  求导得到的速度变化率;  $T_{12'}$  可以用于表示第三扭矩。

可选地, 在  $\Delta N_1 \times t_{12} \geq 2S$  时, 输出扭矩曲线可以如图 10 所示。在图 10 中, 虚线  $T_1$  可以用于表示输出扭矩下降阶段可能的扭矩曲线, 扭矩曲线取决

于扭矩变化速率  $u$ 、主动齿与被动齿脱离时刻  $t_1$ 、主动齿与被动齿脱离时的初速度差  $\Delta N_1$ ，虚线  $T_2$  可以用于表示在  $t_{12}$  时长后，可选择的扭矩曲线。

5 可选地，通过对主动齿的转速主动控制，即先减速再加速（或先加速后减速，取决于电机的输出扭矩的改变方向）的扭矩控制，减少主动齿穿越齿隙时所耗时长，降低甚至避免动力响应较慢的问题；通过控制主动齿的转速，减小主动齿与被动齿在再接触时的转速差，在理想情况下，转速差可减小至零，可完全消除震动和噪音。

10 在一种实施例中，检测电机的主动齿与轮端之间的传动系统的相对形变量，包括：确定电机的输出扭矩的方向是否将要发生改变；在输出扭矩的方向将要发生改变时，确定电机主动齿与被动齿的啮合方向是否将要发生改变；在主动齿与被动齿的啮合方向将要发生改变时，确定相对形变量。

15 在该方案中，主动齿至车轮之间的传动系统传递的扭矩会导致主动齿与轮端之间的传动系统发生相对形变，而在主动齿与轮端之间的传动系统的形变产生的弹性力在输出扭矩变化过程中会导致主动齿转速和轮端换算转速产生相对速度差，通过对相对速度差进行识别，对不同的相对速度差实施不同的输出扭矩控制策略，能有效降低甚至避免相关技术中存在的“导致松油门后车辆依然存在加速度或踩油门车辆不加速，车辆动态响应差”的问题，由于该方案允许弹性释放阶段较大的扭矩斜率，因此，可以实现正负扭矩的快速改变，从而优化电动车的动态响应。

20 可选地，可以确定电机的输出扭矩的方向是否将要发生改变，输出扭矩的方向将要发生改变，可以包括输出扭矩的方向由正变为负、由负变为正、零正、零负等多种情况；在输出扭矩的方向将要发生改变时，可以确定电机主动齿和被动齿的啮合方向是否将要发生改变，并在主动齿和被动齿的啮合方向将要发生改变时，确定电机的主动齿与轮端之间的传动系统的相对形变量。  
25

在一种实施例中，确定电机的主动齿与轮端之间的传动系统的相对形变量，还包括：在检测到电机的输出扭矩的方向发生改变时，确定当前的主动齿转速与被动齿转速的第三速度差值；根据第三速度差值，确定主动齿与被动齿的相对位移；根据相对位移，确定相对形变量。

30 在该方案中，若输出扭矩发生改变，则可以在后续主动齿和被动齿的运

动过程中，实时计算主动齿转速与被动齿转速的第三速度差值，可以确定多个连续时间段内每个时间段内的速度差值，然后通过每个时间段内的速度差值和对应时间段的时长，计算得到主动齿和被动齿的相对位移，从而得到主动齿和被动齿的相对形变量。

- 5        可选地，不同的相对形变量引起的主动齿的相对初速度不同，因此，可以对不同的初速度实施不同的输出扭矩控制策略，从而实现正负扭矩的快速改变，优化电动车的动态响应。

- 本申请提供的电动车的电机控制方法，通过在主动齿与被动齿啮合方向改变时对电机的输出扭矩进行主动控制，减小主动齿与被动齿再接触所耗时长，加快正负扭矩改变，缩短动力输出延迟，优化驾驶性；并且，通过在主动齿与被动齿啮合方向改变时对电机的输出扭矩进行主动控制，实现消除主动齿与被动齿接触时的速度差，消除惯性撞击带来的噪音和冲击；另外，通过施加减速扭矩降低或消除主动齿与被动齿接触时的速度差，能增大弹性释放阶段扭矩斜率，实现正负扭矩的快速改变，降低甚至避免导致松油门后车辆  
10        依然存在加速度或踩油门车辆不加速问题，优化车辆动态响应。  
15

- 在一种实施例中，还可以通过车辆的驾驶状态来确定车辆的输出扭矩。车辆的驾驶状态可以称为驾驶风格或驾驶模式，是指用户踩下加速踏板或松开加速踏板时车辆的加速特性或减速特性。在不同的驾驶状态的设置下，车辆具有不同的驾驶状态，也就是说，在不同的驾驶状态的设置下车辆的动力装置具有不同的扭矩输出特性，即通过对输出扭矩的控制来达到某种驾驶状态。驾驶状态可以包括经济状态（ECO 状态）、舒适状态（标准状态）、运动状态和赛道状态。为满足和适应用户对于驾驶车辆时有不同驾驶状态的需求，可以在车辆上配备驾驶状态的选择功能。在不同的驾驶状态下，踩下加速踏板或松开加速踏板时其动力装置具有不同的扭矩输出的特性，从而满足不同  
20        驾驶状态对车辆有不同加速特性或减速特性的需求。相对于舒适模式和经济模式，在运动模式下，踩下加速踏板或松开加速踏板时，车辆加速度的变化率更大，相同时间内在运动模式下车辆能达到更大的加速度或减速度，或在更短的时间内车辆能达到目标加速度或目标减速度。  
25

- 在另一种相关技术中，为实现多种驾驶状态，通常是通过对每一种驾驶状态设定一个对应的执行程序（或逻辑），用户选择某种驾驶状态后执行其对  
30

应的程序。但这种方法决定了驾驶状态的选择无法由用户随意的设置，用户只能在预设的几种驾驶状态之中做选择和使用；同时，驾驶状态的数量也无法预设为不限数量，否则会带来高昂的开发成本和零部件成本，且开发周期也会相应增加。另外，即使是预装有限数量的驾驶状态，也会带来研发成本的增加和研发时间的增加。但对于不同的用户，或对于同一用户在不同驾驶场景下，对车辆的加速反应有不同的需求，因此有限数量的驾驶状态无法满足用户对于车辆加速反应的需求。举例说明，在一些情况下，运动模式下车辆的加速反应偏灵敏，但舒适模式下车辆的加速反应又偏迟钝，对于不合适的车辆加速反应，用户需要一定的时间去学习和适应该种驾驶模式或车辆反应，这个过程也会导致用户对车辆驾驶性的体验性较差，如图 11 所示。

图 11 为相关技术提供的确定驾驶状态的示意图，在图 11 中，以松加速踏板为例，当用户从稳定加速踏板到松加速踏板，可分为稳态扭矩控制和动态扭矩控制。其中，稳态扭矩可以用于表示用户稳定加速踏板时的扭矩，即扭矩  $T_0$  和扭矩  $T_{45}$ ，在改变驾驶状态时，通过改变稳态扭矩的大小来实现不同的稳态驾驶的驾驶状态；动态扭矩可以用于表示从加速踏板开度变化到扭矩稳定这个过程过程中的扭矩，动态扭矩可分解为三个阶段：

阶段①：即  $t_{01}$  时间区间，扭矩下降过程，该时间区间对应扭矩  $T_{01}$ ；

阶段②：即  $t_{13}$  时间区间，零扭矩或小扭矩靠齿过程，该时间区间对应扭矩  $T_{13}$ ；

阶段③：即  $t_{34}$  时间区间，扭矩增大过程，该时间区间对应扭矩  $T_{34}$ 。

其中， $\Delta N_1$  可以用于表示  $t_1$  时刻，主动齿与被动齿脱离时轮端换算转速与主动齿转速的转速差。

在该相关技术中，通过确定  $t_{01}$  时间区间的扭矩的变化速率，来确定  $t_{01}$  时间区间的驾驶状态；通过确定  $t_{13}$  时间区间的扭矩大小以及  $t_{13}$  时间区间的时长，来确定  $t_{13}$  时间区间的驾驶状态，且  $t_{13}$  时间区间的扭矩大小、 $t_{13}$  时间区间的时长、 $t_{01}$  时间区间的扭矩的变化速率三者需相互匹配，否则将导致较为强烈的车辆震动，从而导致用户驾驶体验差；通过确定  $t_{34}$  时间区间的扭矩的变化速率，确定  $t_{34}$  时间区间的驾驶状态， $t_{34}$  时间区间的扭矩的变化速率需与  $t_{13}$  时间区间的扭矩大小、 $t_{13}$  时间区间的时长、 $t_{01}$  时间区间的扭矩的变化速率进行匹配，否则也将导致较为强烈的车辆震动，从而导致用户驾驶体验差。因

此，相关技术中，在动态扭矩控制的各阶段，对扭矩大小及扭矩持续时间控制的精度要求高，难以达到预期的效果，从而导致标定难度大、标定周期长、研发成本高等问题。

而本申请中，可以根据用户输入的驾驶状态参数对输出扭矩进行实时控制，从而使得用户可以根据自己的喜好或习惯，在允许的最迟钝状态和最灵敏状态之间选择车辆的驾驶状态，因此，可以使车辆的驾驶状态和用户驾驶习惯更好的匹配，提高用户的驾驶体验感。并且，用户可自由调节驾驶状态，用户可通过调节驾驶状态的方式使车辆适应用户的驾驶习惯，从而降低用户的学习成本。此外，根据用户输入的驾驶状态参数对输出扭矩进行实时计算，  
10 可以缩短研发周期，降低研发成本。

下面通过几个具体实施例对通过车辆的驾驶状态来确定车辆的输出扭矩的技术方案进行详细说明。

在一种实施例中，确定电机的输出扭矩，包括：响应于对驾驶状态进行调整的调整操作，获取调整后的目标驾驶状态对应的驾驶状态信息；对驾驶  
15 状态信息进行转换处理，得到数字信号；对数字信号进行分析处理，得到扭矩信号；根据扭矩信号，确定输出扭矩。

在该方案中，可以提供一种驾驶状态控制装置，如图 12 所示，图 12 为本申请实施例提供的驾驶状态控制装置示意图，在图 12 中，该驾驶状态控制装置可以包括但不限于操作部件 1201、确认模块 1202 和控制模块 1203。具体地，用户通过操作操作部件 1201 将驾驶状态调整为其期望的目标驾驶状态，  
20 操作部件 1201 将用户调整后的目标驾驶状态对应的驾驶状态信息转化为数字信号后，传递给确认模块 1202，确认模块 1202 接收到数字信号后，计算得到目标驾驶状态对应的实时需求的扭矩信号，并将该扭矩信号传递给控制模块 1203，控制模块 1203 接收到该扭矩信号后输出相应的扭矩。

在上述方案中，操作部件 1201 可以为包含操作元件和反馈元件的控制单元，借助该操作部件 1201 可以响应用户对驾驶状态的调整操作，并将该调整操作的结果传递给确认模块 1202 并反馈给用户。

其中，操作元件可以包括触觉操作元件（如开关、旋转调整器、旋转按压调整器、滑动调节器、轨迹球、操纵杆、触摸平板、触摸屏等）、声学检测和  
30 /或分析评价单元（如麦克风、语音识别装置、频率分析器等）、目光跟踪装置

(如基于相机的目光跟踪装置)、非接触式位置确定单元、3D 位置确定单元、接近传感器、用户身份(如驾驶员、副驾驶员、乘客等)识别系统、手势识别装置等中的一项或多项。例如,操作元件可以构成为按压开关和/或旋转开关或构成为触摸输入显示器。操作部件 1201 可以优选设置在驾驶员和副驾驶员的共同作用范围内,以及可选地可以设置在同车后排座椅的乘客的作用范围内。

反馈元件可以包括信号转换装置,将用户输入的目标驾驶状态对应的驾驶状态信息转换为数字信号(可以通过占空比、比例、等级、强度等方式进行转换处理),并将数字信号传递给确认模块 1202。反馈元件还可以包括视觉元件(如显示屏、灯等)、发声元件等,可通过动画、图像、文字、声音、灯光颜色、灯光亮度、灯的数量等方式将当前的驾驶状态反馈给用户。

在上述方案中,用户可以根据自己的喜好或习惯,在允许的最迟钝状态和最灵敏状态之间选择车辆的驾驶状态,因此,可以使车辆的驾驶状态和用户驾驶习惯更好的匹配,提高用户的驾驶体验感。

在一种实施例中,数字信号通过不同数值表示电动车的不同驾驶状态,对数字信号进行分析处理,得到扭矩信号,包括:在数字信号为第一数值时,确定扭矩信号为第一预设信号;在数字信号为第二数值时,确定扭矩信号为第二预设信号;在数字信号为第一目标数值时,根据第一预设信号、第二预设信号和第一目标数值,确定扭矩信号为目标信号;其中,第一数值小于第二数值,第一目标数值大于第一数值且小于第二数值,第一预设信号为电动车的驾驶状态对应的灵敏度最低时的扭矩信号,第二预设信号为电动车的驾驶状态对应的灵敏度最高时的扭矩信号,目标信号为电动车的驾驶状态对应的灵敏度处于最高灵敏度和最低灵敏度之间时的扭矩信号。

在该方案中,当确认模块接收到操作部件传递的数字信号后,该数字信号在确认模块中可以以数值的形式表达,例如,数字信号可以取 0 和 1 之间的任意数值,若数字信号的数值为 A,则:

当  $A=0$  时,可以用于表示驾驶状态处于最迟钝状态;  
当  $A=1$  时,可以用于表示驾驶状态处于最灵敏状态;  
当  $0<A<1$  时,可以用于表示驾驶状态处于最迟钝状态与最灵敏状态之间。  
在上述方案中,第一数值可以为 0,第一预设信号为驾驶状态处于最迟钝

状态对应的扭矩信号，第二数值可以为 1，第二预设信号为驾驶状态处于最灵敏状态对应的扭矩信号，第一目标数值可以为 0 和 1 之间的任意数值。由于是根据用户输入的驾驶状态对输出扭矩进行实时计算，因此，可以缩短研发周期，降低研发成本。

5        在一种实施例中，在扭矩信号为目标信号时，根据扭矩信号，确定输出扭矩，包括：获取第一预设信号对应的第四扭矩，第二预设信号对应的第五扭矩；确定第一目标数值与第五扭矩的第三乘积；确定预设值和第一目标数值的的第一目标差值，并确定第一目标差值与第四扭矩的第四乘积；将第三乘积和第四乘积的和，确定为输出扭矩。

10       在该方案中，以松加速踏板为例（踩下加速踏板同理，区别在于，松加速踏板为扭矩下降控制，踩下加速踏板为扭矩上升控制）。

针对图 5 中的动态扭矩的阶段①，也即，扭矩下降及弹性释放阶段，在  $t_{01}$  时间区间，可以通过控制  $T_{01}$  扭矩的变化斜率，来确定此阶段的驾驶状态，如图 13 所示。

15       图 13 为本申请实施例提供的确定输出扭矩的一种示意图，在图 13 中，MAX 曲线可以用于表示驾驶状态处于最灵敏状态的情况下，即  $A=1$  时的扭矩曲线；MIN 曲线可以用于表示驾驶状态处于最迟钝状态的情况下，即  $A=0$  时的扭矩曲线；ACT 曲线可以用于表示驾驶状态处于最迟钝状态与最灵敏状态之间的情况下，即  $0<A<1$  时的扭矩曲线。其中 MAX 曲线和 MIN 曲线为预设曲线。

动态扭矩的阶段①中，对于  $0<A<1$ ，输出扭矩  $T_{01\_ACT}$  可以表示如下：

$$T_{01\_ACT} = A * T_{01\_MAX} + (1 - A) * T_{01\_MIN}$$

25       其中，A 可以用于表示第一目标数值，该第一目标数值可以为 0 和 1 之间的任意数值； $T_{01\_MAX}$  可以用于表示驾驶状态处于最灵敏状态的情况下，即  $A=1$  时的输出扭矩，也即第五扭矩； $T_{01\_MIN}$  可以用于表示驾驶状态处于最迟钝状态的情况下，即  $A=0$  时的输出扭矩，也即第四扭矩；预设值可以为 1。

针对图 5 中的动态扭矩的阶段③，也即，负扭矩增大及弹性压缩阶段，在  $t_{34}$  时间区间，通过控制  $T_{34}$  扭矩的变化斜率，来确定此阶段的驾驶状态，如图 14 所示。

30       图 14 为本申请实施例提供的确定输出扭矩的另一种示意图，在图 14 中，

MAX 曲线可以用于表示驾驶状态处于最灵敏状态的情况下，即  $A=1$  时的扭矩曲线；MIN 曲线可以用于表示驾驶状态处于最迟钝状态的情况下，即  $A=0$  时的扭矩曲线；ACT 曲线可以用于表示驾驶状态处于最迟钝状态与最灵敏状态之间的情况下，即  $0<A<1$  时的扭矩曲线。其中 MAX 曲线和 MIN 曲线为预设曲线。

动态扭矩的阶段③中，对于  $0<A<1$ ，输出扭矩  $T_{34\_ACT}$  可以表示如下：

$$T_{34\_ACT} = A * T_{34\_MAX} + (1 - A) * T_{34\_MIN}$$

其中， $T_{34\_MAX}$  可以用于表示驾驶状态处于最灵敏状态的情况下，即  $A=1$  时的输出扭矩，也即第五扭矩； $T_{34\_MIN}$  可以用于表示驾驶状态处于最迟钝状态的情况下，即  $A=0$  时的输出扭矩，也即第四扭矩；预设值可以为 1。

针对图 5 中的稳态扭矩，即扭矩  $T_0$  和扭矩  $T_{45}$ ，可以通过改变扭矩  $T_0$  和扭矩  $T_{45}$  的大小来实现不同的稳态驾驶的驾驶状态，如图 15 所示。

图 15 为本申请实施例提供的确定输出扭矩的另一种示意图，在图 15 中，对于某固定的加速踏板开度，MAX 曲线可以用于表示该加速踏板开度时，驾驶状态处于最灵敏状态的情况下，即  $A=1$  时的扭矩曲线；MIN 曲线可以用于表示该加速踏板开度时，驾驶状态处于最迟钝状态的情况下，即  $A=0$  时的扭矩曲线；ACT 曲线可以用于表示该加速踏板开度时，驾驶状态处于最迟钝状态与最灵敏状态之间的情况下，即  $0<A<1$  时的扭矩曲线。其中 MAX 曲线和 MIN 曲线为预设曲线。

对于  $0<A<1$ ，输出扭矩  $T\_ACT$  可以表示如下：

$$T\_ACT = A * T\_MAX + (1 - A) * T\_MIN$$

其中， $T\_MAX$  可以用于表示加速踏板开度时，驾驶状态处于最灵敏状态的情况下，即  $A=1$  时的输出扭矩，也即第五扭矩； $T\_MIN$  可以用于表示加速踏板开度时，驾驶状态处于最迟钝状态的情况下，即  $A=0$  时的输出扭矩，也即第四扭矩；预设值可以为 1。

在上述方案中，由于可以将用户输入的驾驶状态转换为对应的数字信号，然后通过该数字信号对输出扭矩进行实时计算，因此，可以缩短研发周期，降低研发成本。

在一种实施例中，确定第一目标数值与第五扭矩的第三乘积，包括：获取预设系数，预设系数用于表示驾驶状态偏好系数；确定第一目标数值、预

设系数和第五扭矩的乘积为第三乘积。

在该方案中，还可以通过设置驾驶状态偏好系数，提高对输出扭矩计算的精确度，此时，动态扭矩的阶段①中，对于  $0 < A < 1$ ，输出扭矩  $T_{01\_ACT}$  可以表示如下：

$$T_{01\_ACT} = A * K * T_{01\_MAX} + (1 - A) * T_{01\_MIN}$$

动态扭矩的阶段③中，对于  $0 < A < 1$ ，输出扭矩  $T_{34\_ACT}$  可以表示如下：

$$T_{34\_ACT} = A * K * T_{34\_MAX} + (1 - A) * T_{34\_MIN}$$

稳态扭矩中，对于  $0 < A < 1$ ，输出扭矩  $T\_ACT$  可以表示如下：

$$T\_ACT = A * K * T\_MAX + (1 - A) * T\_MIN$$

其中，K可以用于表示驾驶状态偏好系数。

在上述方案中，由于可以将用户输入的驾驶状态转换为对应的数字信号，然后通过该数字信号对输出扭矩进行实时计算，因此，可以缩短研发周期，降低研发成本。

在一种实施例中，数字信号通过不同数值表示主动齿相对被动齿进行靠齿过程中的不同靠齿时刻，电机控制方法还包括：确定数字信号为第三数值时对应的第一时刻，和数字信号为第四数值时对应的第二时刻；在数字信号为第二目标数值时，根据第一时刻、第二时刻和第二目标数值，确定主动齿相对被动齿进行靠齿过程中的目标靠齿时刻；其中，第三数值小于第四数值，第二目标数值大于第三数值且小于第四数值，第一时刻为电动车的驾驶状态对应的灵敏度最低时刻，第二时刻为电动车的驾驶状态对应的灵敏度最高时刻。

在该方案中，数字信号通过不同数值还可以表示主动齿相对被动齿进行靠齿过程中的不同靠齿时刻，也即，可通过对  $t_{12}$  和  $t_{23}$  分别进行设置来确定靠齿过程。针对图 5 中的动态扭矩的阶段②，也即，主动齿靠齿阶段，在  $t_{13}$  时间区间，可以通过控制  $t_{13}$  时间和  $T_{13}$  扭矩，来确定此阶段的驾驶状态。在优选方案中，可以通过确定靠齿时间变量  $t_{12}$  和  $t_{23}$  来控制靠齿过程，如图 16 所示，图 16 为本申请实施例提供的通过  $t_{12}$  和  $t_{23}$  确定  $t_{13}$  的示意图，在图 16 中，当时间变量  $t_{12}$  和  $t_{23}$  确定时，代表靠齿控制总时间  $t_{13}$  时间也确定，确定靠齿时刻的过程可以如图 17 所示。

图 17 为本申请实施例提供的确定靠齿时刻的一种示意图，在图 17 中，

针对  $t_{12}$  或  $t_{23}$ , MAX 可以用于表示驾驶状态为最灵敏状态的情况下, 即  $A=1$  时的靠齿时刻对应的时间参数; MIN 可以用于表示驾驶状态为最迟钝状态的情况下, 即  $A=0$  时的靠齿时刻对应的时间参数; ACT 可以用于表示驾驶状态处于最迟钝状态与最灵敏状态之间的情况下, 即  $0<A<1$  时的靠齿时刻对应的时间参数。其中 MAX 和 MIN 为预设值。

在上述方案中, 第三数值可以为 0, 第四数值可以为 1, 第二目标数值可以为 0 和 1 之间的任意数值。通过用户输入的驾驶状态对靠齿时刻进行实时计算, 可以实现通过靠齿时刻确定电机的输出扭矩控制主动齿完成靠齿操作, 因此, 可以缩短研发周期, 降低研发成本。

在一种实施例中, 根据第一时刻、第二时刻和第二目标数值, 确定主动齿相对被动齿进行靠齿过程中的目标靠齿时刻, 包括: 确定第二目标数值与第二时刻的第五乘积; 确定预设值和第二目标数值的第二目标差值, 并确定第二目标差值与第一时刻的第六乘积; 将第五乘积和第六乘积的和, 确定为目标靠齿时刻。

在该方案中, 对于  $0<A<1$ , 靠齿时刻  $t_{ACT}$  可以表示如下:

$$t_{ACT} = A * t_{MAX} + (1 - A) * t_{MIN}$$

或

$$t_{ACT} = A * K * t_{MAX} + (1 - A) * t_{MIN}$$

其中, A 可以用于表示第二目标数值, 该第二目标数值可以为 0 和 1 之间的任意数值;  $t_{MAX}$  可以用于表示驾驶状态处于最灵敏状态的情况下, 即  $A=1$  时的靠齿时刻对应的时间参数, 也即第二时刻;  $t_{MIN}$  可以用于表示驾驶状态处于最迟钝状态的情况下, 即  $A=0$  时的靠齿时刻对应的时间参数, 也即第一时刻; K 可以用于表示驾驶状态偏好系数; 预设值可以为 1。

在上述方案中, 通过用户输入的驾驶状态对靠齿时刻进行实时计算, 可以实现通过靠齿时刻确定电机的输出扭矩控制主动齿完成靠齿操作, 因此, 可以缩短研发周期, 降低研发成本。

在一种实施例中, 对驾驶状态进行调整的调整操作包括以下至少一种: 将虚拟滑动组件在第一滑动区域进行滑动操作, 虚拟滑动组件为电动车显示屏上显示的组件, 第一滑动区域为显示屏上的预设区域, 虚拟滑动组件在第一滑动区域上的不同位置表示不同驾驶状态; 将实体滑动装置在第二滑

动区域进行滑动操作，实体滑动装置为电动车上设置的装置，第二滑动区域为电动车上设置的预设区域，实体滑动装置在第二滑动区域上的不同位置表示不同驾驶状态；对预设的可调整选项进行的选择操作，可调整选项包括显示屏幕上显示的虚拟按钮和/或电动车设置的实体按钮，不同的可调整选项表示不同驾驶状态。

在该方案中，操作部件可以为车辆中包括交互界面的显示屏幕，该显示屏幕上可以设置虚拟滑动组件，该虚拟滑动组件可以为虚拟滑块，且显示屏幕上设置有虚拟滑块的第一滑动区域，第一滑动区域的一侧表示驾驶状态激进（即灵敏），其相对的一侧表示驾驶状态温和（即迟钝），虚拟滑块可以在第一滑动区域内滑动，虚拟滑块在第一滑动区域中的不同驻留位置可以用于表示不同的驾驶状态。具体地，还可以在显示屏幕上预先设置多个预设驾驶状态对应的按钮控件，如图 18 所示。

图 18 为本申请实施例提供的显示屏上的虚拟滑块滑动示意图，在图 18 中，显示屏上设置有第一滑动区域 1801、虚拟滑块 1802、第一按钮 1803、第二按钮 1804 和第三按钮 1805，其中，第一滑动区域 1801 的最左侧 MIN 表示驾驶状态最温和，最右侧 MAX 表示驾驶状态最激进，用户可以控制虚拟滑块 1802 在第一滑动区域 1801 上滑动，以调整驾驶状态。显示屏上还设置有按钮 1803 至 1805，三个按钮分别对应预先设置好的不同的驾驶状态，用户可以直接通过操作三个按钮以调整到对应的驾驶状态。

可选地，显示屏上还可以设置加号按钮和减号按钮，上箭头、下箭头、左箭头和右箭头按钮，用户通过操作这些按钮调整虚拟滑块的位置。

在该方案中，显示屏上还可以设置多个可调整选项，比如第一按钮、第二按钮和第三按钮，通过选择可调整选项，可以直接调整至第一滑动区域的对应位置。

可选地，可以在第一滑动区域上设置多个记忆设置，每个记忆设置中可以存储其对应的虚拟滑块位置，以标记用户选择过的驾驶状态。当用户选择某个记忆设置时，虚拟滑块可以直接调整至该记忆设置对应的滑块位置。

可选地，当虚拟滑块驻留在第一滑动区域上的某一位置，或用户选择了某个预设驾驶状态对应的按钮，或用户选择了某个记忆设置时，操作部件可以将此时的虚拟滑块的位置转化为数字信号。该数字信号可以通过局域互联

网(LIN)、控制器域网(Controller Area Network, 简称 CAN)、以太网、蓝牙等方式传递给下一级处理单元, 该数字信号经过一定的编码或解码后可被解析为代表此时驾驶状态的数字量; 也可以通过硬线的方式传递给下一级处理单元, 通过电压或电流或电阻或占空比的大小来表示当前驾驶状态。

- 5        在该方案中, 操作部件还可以为车辆中设置的机械操作区域, 该机械操作区域中设置有实体滑动装置, 该实体滑动装置可以包括机械滑块和对应的第二滑动区域。也可以设置多个可调整选项对应的机械按钮, 以表示多个预设的驾驶状态。

- 10       在上述方案中, 用户可以根据自己的喜好或习惯, 在允许的最迟钝状态和最灵敏状态之间选择车辆的驾驶状态, 因此, 可以使车辆的驾驶状态和用户驾驶习惯更好的匹配, 提高用户的驾驶体验感。

在一种实施例中, 调整操作为对预设的可调整选项进行的选择操作时, 可调整选项与第一滑动区域和/或第二滑动区域中的预设位置对应。

- 15       在该方案中, 显示屏上或机械操作区域上设置多个可调整选项时, 可以通过按钮相对于第一滑动区域和/或第二滑动区域的位置、按钮颜色、按钮与第一滑动区域和/或第二滑动区域之间的线条连接, 指示其在第一滑动区域和/或第二滑动区域对应的位置, 当用户操作这些按钮之后, 第一滑动区域和/或第二滑动区域中的虚拟滑块可以直接调整至对应位置。

- 20       在上述方案中, 用户可以根据自己的喜好或习惯, 在允许的最迟钝状态和最灵敏状态之间选择车辆的驾驶状态, 因此, 可以使车辆的驾驶状态和用户驾驶习惯更好的匹配, 提高用户的驾驶体验感。

- 25       在一种实施例中, 确定输出扭矩, 包括: 响应于调整操作, 获取第一滑动区域和/或第二滑动区域的目标位置对应的位置信号, 位置信号通过不同数值表示电动车的不同驾驶状态; 确定位置信号为第五数值时对应的第六扭矩, 和数字信号为第六数值时对应的第七扭矩; 在位置信号为第三目标数值时, 根据第六扭矩、第七扭矩和第三目标数值, 确定输出扭矩; 其中, 第五数值小于第六数值, 第三目标数值大于第五数值且小于第六数值, 第六扭矩为电动车的驾驶状态对应的灵敏度最低时刻, 第七扭矩为电动车的驾驶状态对应的灵敏度最高时刻。

- 30       在该方案中, 还可以根据虚拟滑块在第一滑动区域的位置或机械滑块在

第二滑动区域的位置，确定输出扭矩。

具体地，可以在操作部件（可以为显示屏幕或机械操作区域）中设置多个可调整选项来调节驾驶状态，如图 19 所示。图 19 为本申请实施例提供的多个可调整选项的示意图，在图 19 中，以 4 个可调整选项为例，1901 至 1904 分别表示 4 个不同的可调整选项，每个可调整选项对应的滑块（在图 19 中示为 1905 至 1908，可以为虚拟滑块或机械滑块）在滑动区域（在图 19 中示为 1909 至 1912，虚拟滑块对应第一滑动区域，机械滑块对应第二滑动区域）上的位置可以不同，表示不同的驾驶状态。操作部件可以获取第一滑动区域和/或第二滑动区域的目标位置对应的位置信号。

在上述方案中，当确认模块接收到操作部件传递的位置信号之后，位置信号在确认模块中可以以数值的形式表示，例如，位置信号可以取 0 和 1 之间的任意数值，若位置信号为 A，则：

- 当  $A=0$  时，可以用于表示驾驶状态处于最迟钝状态下的位置信号；
- 当  $A=1$  时，可以用于表示驾驶风格处于最灵敏状态下的位置信号；
- 当  $0 < A < 1$  时，可以用于表示驾驶风格处于最迟钝状态与最灵敏状态之间的位置信号。

在该方案中，第五数值可以为 0，第六数值可以为 1，第三目标数值可以为 0 和 1 之间的任意数值，通过确定位置信号为第五数值时对应的第六扭矩，和数字信号为第六数值时对应的第七扭矩，再根据第三目标数值，就可以计算出输出扭矩。

可选地，可设置的可调整选项包括但不限于：稳态最大扭矩、稳态最小扭矩、扭矩上升斜率、扭矩下降斜率、靠齿时间、靠齿扭矩等，且两个或多个可调整选项之间可进行关联或合并，即调节其中一个可调整选项，其相关联可调整选项可以跟随调节。

在上述方案中，由于可以将用户输入的驾驶状态转换为滑动区域中对应的位置信号，然后通过该位置信号对输出扭矩进行实时计算，因此，可以缩短研发周期，降低研发成本。

在一种实施例中，根据第六扭矩、第七扭矩和第三目标数值，确定输出扭矩，包括：确定第三目标数值与第七扭矩的第七乘积；确定预设值和第三目标数值的第三目标差值，并确定第三目标差值与第六扭矩的第八乘积；将

第七乘积和第八乘积的和，确定为输出扭矩。

在该方案中，当通过位置信号可以确定扭矩时，此时，对于  $0 < A < 1$ ，输出扭矩  $T_{ACT}$  可以表示如下：

$$T_{ACT} = A * T_{MAX} + (1 - A) * T_{MIN}$$

5        或

$$T_{ACT} = A * T_{MAX} + (1 - A) * T_{MIN}$$

其中， $A$  可以用于表示第三目标数值，该第三目标数值可以为 0 和 1 之间的任意数值； $T_{MAX}$  可以用于表示驾驶状态处于最灵敏状态的情况下，即  $A=1$  时位置信号对应的扭矩，也即第七扭矩； $T_{MIN}$  可以用于表示驾驶状态处于最  
10        迟钝状态的情况下，即  $A=0$  时位置信号对应的扭矩，也即第六扭矩； $K$  可以用于表示驾驶状态偏好系数；预设值可以为 1。

可选地，通过位置信号还可以确定靠齿时刻，此时，对于  $0 < A < 1$ ，靠齿时刻  $t_{ACT}$  可以表示如下：

$$t_{ACT} = A * t_{MAX} + (1 - A) * t_{MIN}$$

15        或

$$t_{ACT} = A * K * t_{MAX} + (1 - A) * t_{MIN}$$

其中， $A$  可以用于表示第三目标数值，该第三目标数值可以为 0 和 1 之间的任意数值； $t_{MAX}$  可以用于表示驾驶状态处于最灵敏状态的情况下，即  $A=1$  时位置信号对应的靠齿时刻； $t_{MIN}$  可以用于表示驾驶状态处于最迟钝状态的情况  
20        下，即  $A=0$  时位置信号对应的靠齿时刻； $K$  可以用于表示驾驶状态偏好系数；预设值可以为 1。

在上述方案中，通过将用户输入的驾驶状态转换为滑动区域中对应的位置信号，然后通过该位置信号对输出扭矩或靠齿时刻进行实时计算，因此，可以缩短研发周期，降低研发成本。

25        从总体上来说，本申请提供的技术方案，是一种既可以实现优化电动车的驾驶性能，又可以实现消除惯性撞击带来的噪音和冲击的技术方法。

本申请还提供了一种电动车的电机控制装置。图 20 为本申请实施例提供的电动车的电机控制装置的结构示意图，如图 20 所示，该电动车的电机控制装置 2000 包括：

30        检测模块 2001，用于检测电机的主动齿与轮端之间的传动系统的相对形

变量；

确定模块 2002，用于在相对形变量为第一阈值时，确定第一主动齿转速与第一轮端换算转速的第一速度差值，相对形变量为第一阈值用于表示主动齿和传动系统的被动齿开始脱离，第一主动齿转速为在主动齿和被动齿的脱离时刻主动齿的转速，第一轮端换算转速为在脱离时刻，电动车的轮端转速经速比换算得到的转速；

处理模块 2003，用于根据第一速度差值，确定电机的输出扭矩；

控制模块 2004，用于根据输出扭矩，控制主动齿相对被动齿进行靠齿操作。

10 可选的，处理模块 2003 在根据第一速度差值确定电机的输出扭矩时，具体用于：确定第一速度差值与第一时长的乘积为第一乘积，第一时长为自脱离时刻到主动齿与被动齿的接触时刻的持续时长；若第一乘积小于预设齿隙值，则确定输出扭矩包括第一扭矩和第二扭矩，其中，第一扭矩和第二扭矩的方向相反，第一扭矩为自脱离时刻至电机进行加减速状态的转变时刻的时间间隔内所需的扭矩，第二扭矩为自转变时刻至接触时刻的时间间隔内所需的扭矩。

可选的，该电动车的电机控制装置 2000 还可以包括第三确定模块（未示出），该第三确定模块可以具体用于通过以下方式确定第一扭矩和第二扭矩：在转变时刻，通过预设齿隙值、第一速度差值和第一时长，确定当前的主动齿转速与第二轮端换算转速的第二速度差值，第二轮端换算转速为在转变时刻，电动车的轮端转速经速比换算得到的转速；根据第二速度差值和第二轮端换算转速，确定第二主动齿转速，第二主动齿转速为在转变时刻主动齿的转速；根据第二主动齿转速、第一主动齿转速、脱离时刻与转变时刻的持续时长，以及主动齿在第二主动齿转速下的滑动摩擦力，确定第一扭矩；根据第二主动齿转速、第三主动齿转速、转变时刻与接触时刻的持续时长，以及主动齿在第三主动齿转速下的滑动摩擦力，确定第二扭矩，第三主动齿转速为在接触时刻主动齿的转速。

可选的，处理模块 2003 在根据第一速度差值确定电机的输出扭矩时，还具体用于：若第一乘积大于或者等于预设齿隙值，则确定第一速度差值与第二时长的乘积为第二乘积，第二时长为自脱离时刻到转变时刻的持续时长；

若第二乘积小于预设齿隙值，则确定输出扭矩包括第一扭矩和第二扭矩，其中，第一扭矩和第二扭矩的方向相同。

可选的，处理模块 2003 在根据第一速度差值确定电机的输出扭矩时，还具体用于：若第二乘积大于或者等于预设齿隙值，则在目标时刻，确定第三轮端换算转速，第三轮端换算转速为在目标时刻，电动车的轮端转速经过速比换算得到的转速，目标时刻为第二时长内主动齿与被动齿再接触的时刻；根据第三轮端换算转速、第一主动齿转速，以及脱离时刻与目标时刻的持续时长，确定第三扭矩，第三扭矩为自脱离时刻至目标时刻的时间间隔内所需的扭矩，输出扭矩包括第三扭矩。

10 可选的，第一确定模块 2001 在确定电机的主动齿与轮端之间的传动系统的相对形变量时，还可以具体用于：在检测到电机的输出扭矩发生改变时，确定当前的主动齿转速与被动齿转速的第三速度差值；根据第三速度差值，确定主动齿与被动齿的相对位移；根据相对位移，确定相对形变量。

15 可选的，处理模块 2003 在确定电机的输出扭矩时，还具体用于：响应于对驾驶状态进行调整的调整操作，获取调整后的目标驾驶状态对应的驾驶状态信息；对驾驶状态信息进行转换处理，得到数字信号；对数字信号进行分析处理，得到扭矩信号；根据扭矩信号，确定输出扭矩。

20 可选的，数字信号通过不同数值表示电动车的不同驾驶状态，处理模块 2003 在对数字信号进行分析处理，得到扭矩信号时，具体用于：在数字信号为第一数值时，确定扭矩信号为第一预设信号；在数字信号为第二数值时，确定扭矩信号为第二预设信号；在数字信号为第一目标数值时，根据第一预设信号、第二预设信号和第一目标数值，确定扭矩信号为目标信号；其中，第一数值小于第二数值，第一目标数值大于第一数值且小于第二数值，第一预设信号为电动车的驾驶状态对应的灵敏度最低时的扭矩信号，第二预设信号为电动车的驾驶状态对应的灵敏度最高时的扭矩信号，目标信号为电动车的驾驶状态对应的灵敏度处于最高灵敏度和最低灵敏度之间时的扭矩信号。

30 可选的，在扭矩信号为目标信号时，处理模块 2003 在根据扭矩信号，确定输出扭矩时，具体用于：获取第一预设信号对应的第四扭矩，第二预设信号对应的第五扭矩；确定第一目标数值与第五扭矩的第三乘积；确定预设值和第一目标数值的第二目标差值，并确定第二目标差值与第四扭矩的第四乘

积；将第三乘积和第四乘积的和，确定为输出扭矩。

可选的，处理模块 2003 在确定第一目标数值与第五扭矩的第三乘积时，具体用于：获取预设系数，预设系数用于表示驾驶状态偏好系数；确定第一目标数值、预设系数和第五扭矩的乘积为第三乘积。

- 5       可选的，数字信号通过不同数值表示主动齿相对被动齿进行靠齿过程中的不同靠齿时刻，处理模块 2003 还用于：确定数字信号为第三数值时对应的第一时刻，和数字信号为第四数值时对应的第二时刻；在数字信号为第二目标数值时，根据第一时刻、第二时刻和第二目标数值，确定主动齿相对被动齿进行靠齿过程中的目标靠齿时刻；其中，第三数值小于第四数值，第二目标数值大于第三数值且小于第四数值，第一时刻为电动车的驾驶状态对应的灵敏度最低时刻，第二时刻为电动车的驾驶状态对应的灵敏度最高时刻。
- 10       可选的，处理模块 2003 在根据第一时刻、第二时刻和第二目标数值，确定主动齿相对被动齿进行靠齿过程中的目标靠齿时刻时，具体用于：确定第二目标数值与第二时刻的第五乘积；确定预设值和第二目标数值的第二目标

- 15       差值，并确定第二目标差值与第一时刻的第六乘积；将第五乘积和第六乘积的和，确定为目标靠齿时刻。

- 可选的，对驾驶状态进行调整的调整操作包括以下至少一种：将虚拟滑动组件在第一滑动区域进行滑动操作，虚拟滑动组件为电动车显示屏幕上显示的组件，第一滑动区域为显示屏幕上的预设区域，虚拟滑动组件在第一滑动区域上的不同位置表示不同驾驶状态；将实体滑动装置在第二滑动区域进行滑动操作，实体滑动装置为电动车上设置的装置，第二滑动区域为电动车上设置的预设区域，实体滑动装置在第二滑动区域上的不同位置表示不同驾驶状态；对预设的可调整选项进行的选择操作，可调整选项包括显示屏幕上显示的虚拟按钮和/或电动车设置的实体按钮，不同的可调整选项表示不同驾驶状态。
- 20       可选的，调整操作为对预设的可调整选项进行的选择操作时，可调整选项与第一滑动区域和/或第二滑动区域中的预设位置对应。
- 25       可选的，处理模块 2003 在确定电机的输出扭矩时，还具体用于：响应于调整操作，获取第一滑动区域和/或第二滑动区域的目标位置对应的位置信号，位置信号通过不同数值表示电动车的不同驾驶状态；确定位置信号为第五数

- 30       位置信号通过不同数值表示电动车的不同驾驶状态；确定位置信号为第五数

值时对应的第六扭矩，和数字信号为第六数值时对应的第七扭矩；在位置信号为第三目标数值时，根据第六扭矩、第七扭矩和第三目标数值，确定输出扭矩，其中，第五数值小于第六数值，第三目标数值大于第五数值且小于第六数值，第六扭矩为电动车的驾驶状态对应的灵敏度最低时刻，第七扭矩为电动车的驾驶状态对应的灵敏度最高时刻。

可选的，处理模块 2003 在根据第六扭矩、第七扭矩和第三目标数值，确定输出扭矩时，具体用于：确定第三目标数值与第七扭矩的第七乘积；确定预设值和第三目标数值的第三目标差值，并确定第三目标差值与第六扭矩的第八乘积；将第七乘积和第八乘积的和，确定为输出扭矩。

本实施例提供的电动车的电机控制装置，用于执行前述方法实施例中的电动车的电机控制方法的技术方案，其实现原理和技术效果类似，在此不再赘述。

本申请实施例还提供了一种电动车。图 21 是根据一示例性实施例示出的一种电动车的结构示意图。如图 21 所示，该电动车 2100 包括：

处理器 2111，存储器 2112，以及交互接口 2113；

其中，处理器 2111 与存储器 2112 和交互接口 2113 连接；存储器 2112 用于存储处理器 2111 可执行的计算机执行指令；处理器 2111 配置为经由执行计算机可执行指令来执行前述电动车的电机控制方法中的技术方案；交互接口 2113 为处理器 2111 和外围接口模块之间提供接口。

可选的，存储器 2112 既可以是独立的，也可以跟处理器 2111 集成在一起。

可选的，当存储器 2112 是独立于处理器 2111 之外的器件时，电子设备 1200 还可以包括：总线，用于将上述器件连接起来。

可选地，存储器可以是，但不限于，随机存取存储器(Random Access Memory，简称：RAM)，只读存储器(Read Only Memory，简称：ROM)，可编程只读存储器(Programmable Read-Only Memory，简称：PROM)，可擦除只读存储器(Erasable Programmable Read-Only Memory，简称：EPROM)，电可擦除只读存储器(Electric Erasable Programmable Read-Only Memory，简称：EEPROM)等。其中，存储器用于存储程序，处理器在接收到执行指令后，执行程序。进一步地，上述存储器内的软件程序以及模块还可包括操作系统，

其可包括各种用于管理系统任务(例如内存管理、存储设备控制、电源管理等)的软件组件和/或驱动,并可与各种硬件或软件组件相互通信,从而提供其他软件组件的运行环境。

可选地,处理器可以是一种集成电路芯片,具有信号的处理能力。上述的处理器可以是通用处理器,包括中央处理器(Central Processing Unit,简称:CPU)、网络处理器(Network Processor,简称:NP)等。可以实现或者执行本申请实施例中的公开的各方法、步骤及逻辑框图。通用处理器可以是微处理器或者该处理器也可以是任何常规的处理器等。

本申请实施例还提供一种计算机可读存储介质,计算机可读存储介质中存储有计算机执行指令,计算机执行指令被处理器执行时用于实现前述方法实施例中提供的电动车的电机控制方法的技术方案。

本申请实施例还提供一种计算机程序产品,包括计算机程序,计算机程序被处理器执行时实现方法实施例中提供的电动车的电机控制方法的技术方案。

本领域普通技术人员可以理解:实现上述各方法实施例的全部或部分步骤可以通过程序指令相关的硬件来完成。前述的程序可以存储于一计算机可读取存储介质中。该程序在执行时,执行包括上述各方法实施例的步骤;而前述的存储介质包括:ROM、RAM、磁碟或者光盘等各种可以存储程序代码的介质。

最后应说明的是:以上各实施例仅用以说明本申请的技术方案,而非对其限制;尽管参照前述各实施例对本申请进行了详细的说明,本领域的普通技术人员应当理解:其依然可以对前述各实施例所记载的技术方案进行修改,或者对其中部分或者全部技术特征进行等同替换;而这些修改或者替换,并不使相应技术方案的本质脱离本申请各实施例技术方案的范围。

权 利 要 求 书

- 1、一种电动车的电机控制方法，其特征在于，包括：
- 检测电机的主动齿与轮端之间的传动系统的相对形变量；
- 在所述相对形变量为第一阈值时，确定第一主动齿转速与第一轮端换算
- 5 转速的第一速度差值，所述相对形变量为第一阈值用于表示所述主动齿和所述传动系统的被动齿开始脱离，所述第一主动齿转速为在所述主动齿和所述被动齿的脱离时刻所述主动齿的转速，所述第一轮端换算转速为在所述脱离时刻，所述电动车的轮端转速经速比换算得到的转速；
- 根据所述第一速度差值，确定所述电机的输出扭矩；
- 10 根据所述输出扭矩，控制所述主动齿相对所述被动齿进行靠齿操作。
- 2、根据权利要求 1 所述的电机控制方法，其特征在于，所述根据所述第一速度差值，确定所述电机的输出扭矩，包括：
- 确定所述第一速度差值与第一时长的乘积为第一乘积，所述第一时长为自所述脱离时刻到所述主动齿与所述被动齿的接触时刻的持续时长；
- 15 若所述第一乘积小于预设齿隙值，则确定所述输出扭矩包括第一扭矩和第二扭矩，其中，所述第一扭矩和所述第二扭矩的方向相反，所述第一扭矩为自所述脱离时刻至所述电机进行加减速状态的转变时刻的时间间隔内所需的扭矩，所述第二扭矩为自所述转变时刻至所述接触时刻的时间间隔内所需的扭矩。
- 20 3、根据权利要求 2 所述的电机控制方法，其特征在于，所述第一扭矩和所述第二扭矩是通过以下方式确定的：
- 在所述转变时刻，通过所述预设齿隙值、所述第一速度差值和所述第一时长，确定当前的主动齿转速与第二轮端换算转速的第二速度差值，所述第二轮端换算转速为在所述转变时刻，所述电动车的轮端转速经速比换算得到的
- 25 的转速；
- 根据所述第二速度差值和所述第二轮端换算转速，确定第二主动齿转速，所述第二主动齿转速为在所述转变时刻所述主动齿的转速；
- 根据所述第二主动齿转速、所述第一主动齿转速、所述脱离时刻与所述转变时刻的持续时长，以及所述主动齿在所述第二主动齿转速下的滑动摩擦力，确定所述第一扭矩；
- 30

根据所述第二主动齿转速、第三主动齿转速、所述转变时刻与所述接触时刻的持续时长，以及所述主动齿在所述第三主动齿转速下的滑动摩擦力，确定所述第二扭矩，所述第三主动齿转速为在所述接触时刻所述主动齿的转速。

- 5        4、根据权利要求2所述的电机控制方法，其特征在于，所述根据所述第一速度差值，确定所述电机的输出扭矩，还包括：

若所述第一乘积大于或者等于所述预设齿隙值，则确定所述第一速度差值与第二时长的乘积为第二乘积，所述第二时长为自所述脱离时刻到所述转变时刻的持续时长；

- 10       若所述第二乘积小于所述预设齿隙值，则确定所述输出扭矩包括所述第一扭矩和所述第二扭矩，其中，所述第一扭矩和所述第二扭矩的方向相同。

5、根据权利要求4所述的电机控制方法，其特征在于，所述根据所述第一速度差值，确定所述电机的输出扭矩，还包括：

- 15       若所述第二乘积大于或者等于所述预设齿隙值，则在目标时刻，确定第三轮端换算转速，所述第三轮端换算转速为在所述目标时刻，所述电动车的轮端转速经过速比换算得到的转速，所述目标时刻为所述第二时长内所述主动齿与所述被动齿再接触的时刻；

- 20       根据所述第三轮端换算转速、所述第一主动齿转速，以及所述脱离时刻与所述目标时刻的持续时长，确定第三扭矩，所述第三扭矩为自所述脱离时刻至所述目标时刻的时间间隔内所需的扭矩，所述输出扭矩包括所述第三扭矩。

6、根据权利要求1至5中任一项所述的电机控制方法，其特征在于，所述确定所述电机的主动齿与轮端之间的传动系统的相对形变量，还包括：

- 25       确定当前的主动齿转速与被动齿转速的第三速度差值；  
根据所述第三速度差值，确定所述主动齿与所述被动齿的相对位移；  
根据所述相对位移，确定所述相对形变量。

7、根据权利要求1所述的电机控制方法，其特征在于，确定所述电机的输出扭矩，包括：

- 30       响应于对驾驶状态进行调整的调整操作，获取调整后的目标驾驶状态对应的驾驶状态信息；

- 5   对所述驾驶状态信息进行转换处理，得到数字信号；  
     对所述数字信号进行分析处理，得到扭矩信号；  
     根据所述扭矩信号，确定所述输出扭矩。
- 8、根据权利要求 7 所述的电机控制方法，其特征在于，数字信号通过不同数值表示所述电动车的不同驾驶状态，所述对所述数字信号进行分析处理，得到扭矩信号，包括：
- 10   在所述数字信号为第一数值时，确定所述扭矩信号为第一预设信号；  
     在所述数字信号为第二数值时，确定所述扭矩信号为第二预设信号；  
     在所述数字信号为第一目标数值时，根据所述第一预设信号、所述第二预设信号和所述第一目标数值，确定所述扭矩信号为目标信号；
- 15   其中，所述第一数值小于所述第二数值，所述第一目标数值大于所述第一数值且小于所述第二数值，所述第一预设信号为所述电动车的驾驶状态对应的灵敏度最低时的扭矩信号，所述第二预设信号为所述电动车的驾驶状态对应的灵敏度最高时的扭矩信号，所述目标信号为所述电动车的驾驶状态对应的灵敏度处于最高灵敏度和最低灵敏度之间时的扭矩信号。
- 9、根据权利要求 8 所述的电机控制方法，其特征在于，在所述扭矩信号为目标信号时，根据所述扭矩信号，确定所述输出扭矩，包括：
- 20   获取所述第一预设信号对应的第四扭矩，所述第二预设信号对应的第五扭矩；  
     确定所述第一目标数值与所述第五扭矩的第三乘积；  
     确定预设值和所述第一目标数值的第一目标差值，并确定所述第一目标差值与所述第四扭矩的第四乘积；  
     将所述第三乘积和所述第四乘积的和，确定为所述输出扭矩。
- 25   10、根据权利要求 9 所述的电机控制方法，其特征在于，所述确定所述第一目标数值与所述第五扭矩的第三乘积，包括：
- 获取预设系数，所述预设系数用于表示驾驶状态偏好系数；  
     确定所述第一目标数值、所述预设系数和所述第五扭矩的乘积为所述第三乘积。
- 30   11、根据权利要求 7 所述的电机控制方法，其特征在于，数字信号通过不同数值表示所述主动齿相对所述被动齿进行靠齿过程中的不同靠齿时刻，

所述电机控制方法还包括：

确定所述数字信号为第三数值时对应的第一时刻，和所述数字信号为第四数值时对应的第二时刻；

5 在所述数字信号为第二目标数值时，根据所述第一时刻、所述第二时刻和所述第二目标数值，确定所述主动齿相对所述被动齿进行靠齿过程中的目标靠齿时刻；

其中，所述第三数值小于所述第四数值，所述第二目标数值大于所述第三数值且小于所述第四数值，所述第一时刻为所述电动车的驾驶状态对应的灵敏度最低时刻，所述第二时刻为所述电动车的驾驶状态对应的灵敏度最高时刻。

12、根据权利要求 11 所述的电机控制方法，其特征在于，根据所述第一时刻、所述第二时刻和所述第二目标数值，确定所述主动齿相对所述被动齿进行靠齿过程中的目标靠齿时刻，包括：

确定所述第二目标数值与所述第二时刻的第五乘积；

15 确定预设值和所述第二目标数值的第二目标差值，并确定所述第二目标差值与所述第一时刻的第六乘积；

将所述第五乘积和所述第六乘积的和，确定为所述目标靠齿时刻。

13、根据权利要求 7 至 12 任一项所述的电机控制方法，其特征在于，对驾驶状态进行调整的调整操作包括以下至少一种：

20 将虚拟滑动组件在第一滑动区域进行滑动操作，所述虚拟滑动组件为所述电动车显示屏幕上显示的组件，所述第一滑动区域为所述显示屏幕上的预设区域，所述虚拟滑动组件在所述第一滑动区域上的不同位置表示不同驾驶状态；

25 将实体滑动装置在第二滑动区域进行滑动操作，所述实体滑动装置为所述电动车上设置的装置，所述第二滑动区域为所述电动车上设置的预设区域，所述实体滑动装置在所述第二滑动区域上的不同位置表示不同驾驶状态；

对预设的可调整选项进行的选择操作，所述可调整选项包括所述显示屏幕上显示的虚拟按钮和/或所述电动车设置的实体按钮，不同的可调整选项表示不同驾驶状态。

30 14、根据权利要求 13 所述的电机控制方法，其特征在于，所述调整操作

为对预设的可调整选项进行的选择操作时，所述可调整选项与所述第一滑动区域和/或所述第二滑动区域中的预设位置对应。

15、根据权利要求 14 所述的电机控制方法，其特征在于，确定所述输出扭矩，包括：

- 5        响应于所述调整操作，获取所述第一滑动区域和/或所述第二滑动区域的目标位置对应的位置信号，所述位置信号通过不同数值表示所述电动车的不同驾驶状态；

确定所述位置信号为第五数值时对应的第六扭矩，和所述数字信号为第六数值时对应的第七扭矩；

- 10       在所述位置信号为第三目标数值时，根据所述第六扭矩、所述第七扭矩和所述第三目标数值，确定所述输出扭矩；

其中，所述第五数值小于所述第六数值，所述第三目标数值大于所述第五数值且小于所述第六数值，所述第六扭矩为所述电动车的驾驶状态对应的灵敏度最低时刻，所述第七扭矩为所述电动车的驾驶状态对应的灵敏度最高时刻。

- 15       16、根据权利要求 15 所述的电机控制方法，其特征在于，根据所述第六扭矩、所述第七扭矩和所述第三目标数值，确定所述输出扭矩，包括：

确定所述第三目标数值与所述第七扭矩的第七乘积；

- 20       确定预设值和所述第三目标数值的第三目标差值，并确定所述第三目标差值与所述第六扭矩的第八乘积；

将所述第七乘积和所述第八乘积的和，确定为所述输出扭矩。

17、一种电动车的电机控制装置，其特征在于，包括：

检测模块，用于检测电机的主动齿与轮端之间的传动系统的相对形变量；

- 25       确定模块，用于在所述相对形变量为第一阈值时，确定第一主动齿转速与第一轮端换算转速的第一速度差值，所述相对形变量为第一阈值用于表示所述主动齿和所述传动系统的被动齿开始脱离，所述第一主动齿转速为在所述主动齿和所述被动齿的脱离时刻所述主动齿的转速，所述第一轮端换算转速为在所述脱离时刻，所述电动车的轮端转速经速比换算得到的转速；

处理模块，用于根据所述第一速度差值，确定所述电机的输出扭矩；

- 30       控制模块，用于根据所述输出扭矩，控制所述主动齿相对所述被动齿进

行靠齿操作。

18、一种电动车，其特征在于，包括：处理器，以及与所述处理器通信连接的存储器；

所述存储器存储计算机执行指令；

5       所述处理器执行所述存储器存储的计算机执行指令，以实现如权利要求 1 至 16 任一项所述的电动车的电机控制方法。

19、一种计算机可读存储介质，其特征在于，所述计算机可读存储介质中存储有计算机执行指令，所述计算机执行指令被处理器执行时用于实现权利要求 1 至 16 任一项所述的电动车的电机控制方法。

10       20、一种计算机程序产品，包括计算机程序，其特征在于，所述计算机程序被处理器执行时用于实现权利要求 1 至 16 任一项所述的电动车的电机控制方法。