

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局

(43) 国际公布日
2024 年 12 月 26 日 (26.12.2024)



(10) 国际公布号
WO 2024/259599 A1

(51) 国际专利分类号:

B60W 20/15 (2016.01) **B60L 15/20** (2006.01)
B60W 30/20 (2006.01)

GROUP CO., LTD) [CN/CN]; 中国浙江省杭州市滨江区江陵路1760号, Zhejiang 310051 (CN)。

(21) 国际申请号: PCT/CN2023/101480

(22) 国际申请日: 2023 年 6 月 20 日 (20.06.2023)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(71) 申请人: 浙江极氪智能科技有限公司(**ZHEJIANG ZEEKR INTELLIGENT TECHNOLOGY CO., LTD.**) [CN/CN]; 中国浙江省宁波市北仑区新碶街道辽河路商务大厦 1 幢 1031 室, Zhejiang 315899 (CN)。威睿电动汽车技术(宁波)有限公司(**VIRIDI E-MOBILITY TECHNOLOGY (NINGBO) CO., LTD.**) [CN/CN]; 中国浙江省宁波市杭州湾新区银湾东路198号, Zhejiang 315336 (CN)。浙江吉利控股集团有限公司(**ZHEJIANG GEELY HOLDING**

(72) 发明人: 沈克清(**SHEN, Keqing**); 中国浙江省宁波市杭州湾新区银湾东路198号, Zhejiang 315336 (CN)。董乔(**DONG, Qiao**); 中国浙江省宁波市杭州湾新区银湾东路198号, Zhejiang 315336 (CN)。马迎国(**MA, Yingguo**); 中国浙江省宁波市杭州湾新区银湾东路198号, Zhejiang 315336 (CN)。陈启苗(**CHEN, Qimiao**); 中国浙江省宁波市杭州湾新区银湾东路198号, Zhejiang 315336 (CN)。李常珞(**LI, Changluo**); 中国浙江省宁波市杭州湾新区银湾东路198号, Zhejiang 315336 (CN)。

(74) 代理人: 北京同立钧成知识产权代理有限公司(**LEADER PATENT & TRADEMARK FIRM**); 中国北京市海淀区西直门北大街32号枫蓝国际A座8F-6, Beijing 100082 (CN)。

(54) **Title:** MOTOR CONTROL METHOD AND APPARATUS FOR ELECTRIC VEHICLE, AND STORAGE MEDIUM

(54) 发明名称: 电动车的电机控制方法、装置和存储介质

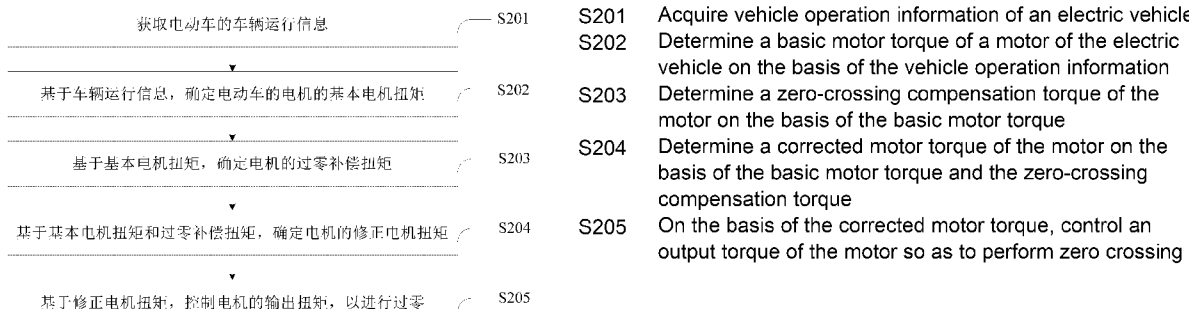


图 2

(57) **Abstract:** A motor control method for an electric vehicle, comprising: acquiring vehicle operation information of an electric vehicle; determining a basic motor torque of a motor of the electric vehicle on the basis of the vehicle operation information; determining a zero-crossing compensation torque of the motor on the basis of the basic motor torque; determining a corrected motor torque of the motor on the basis of the basic motor torque and the zero-crossing compensation torque; and, on the basis of the corrected motor torque, controlling an output torque of the motor so as to perform zero crossing. Thus, the corrected motor torque is used to implement zero crossing of the motor, so that backlash impact caused by switching of positive and negative torques of the motor is reduced or even eliminated, that is, zero-crossing impact is reduced or even eliminated. The present application relates to a motor control apparatus for an electric vehicle, and an electric vehicle.

(57) 摘要: 一种电动车的电机控制方法, 包括: 获取电动车的车辆运行信息; 基于车辆运行信息, 确定电动车的电机的基本电机扭矩; 基于基本电机扭矩, 确定电机的过零补偿扭矩; 基于基本电机扭矩和过零补偿扭矩, 确定电机的修正电机扭矩; 基于修正电机扭矩, 控制电机的输出扭矩, 以进行过零。从而实现利用修正电机扭矩对电机进行过零, 以实现减小甚至消除电机的正负扭矩切换带来的齿隙冲击, 也即, 减小甚至消除过零冲击。还涉及一种电动车的电机控制装置、一种电动车。

(81) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW。

(84) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, ME, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布:

— 包括国际检索报告(条约第21条(3))。

电动车的电机控制方法、装置和存储介质

技术领域

- 5 本申请涉及动力驱动控制领域，尤其涉及一种电动车的电机控制方法、装置和存储介质。

背景技术

- 10 在电动车的动力驱动控制领域，电机与车轮通过齿轮（或花键）机构连接，形成驱动系统以传递动力。电机驱动和电机制动是通过控制电机的输出扭矩来实现的。当电机在正负扭矩转换（或称过零）时，由于驱动系统的啮合齿轮（或花键）的啮合方向发生改变，连接车轮的齿轮（或花键）受力方向发生改变，会导致打齿，对齿轮或花键等传动机构造成损伤。此外，还会产生用户能明显感知的冲击和噪音，影响驾驶舒适性，尤其对于
- 15 低速工况，电机的正负扭矩切换带来的齿隙冲击（或称过零冲击）会更明显的被用户感知。

- 相关技术中，为了解决上述问题，通常使用固定的扭矩或使用较慢的扭矩变化速率进行过零控制以减弱过零冲击，一般称其为过零平台扭矩控制。但这种方式在制动力、坡道、车辆阻力或道路阻力变化时，依然存在
- 20 过零冲击变大的问题。

发明内容

 本申请实施例提供一种电动车的电机控制方法、装置和存储介质，用于解决电动车的过零冲击问题。

- 25 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：获取电动车的车辆运行信息；基于车辆运行信息，确定电动车的电机的基本电机扭矩；基于基本电机扭矩，确定电机的过零补偿扭矩；基于基本电机扭矩和过零补偿扭矩，确定电机的修正电机扭矩；基于修正电机扭矩，控制电机的输出扭矩，以进行过零。

在一种可能的实施方式中，车辆运行信息包括以下中的至少一项：车辆速度、车辆加速度、电机转速、轮速、加速踏板位置、制动踏板位置、制动主缸压力、制动力、制动扭矩、坡度、蠕行设置状态、能量回收设置状态、单踏板驾驶模式设置状态、驾驶模式设置状态。

- 5 在一种可能的实施方式中，基于车辆运行信息，确定电动车的电机的基本电机扭矩，包括：根据加速踏板位置、制动踏板位置、蠕行设置状态、能量回收设置状态、单踏板驾驶模式设置状态和驾驶模式设置状态，以及车辆速度和/或电机转速和/或轮速，确定基本电机扭矩。

- 10 在一种可能的实施方式中，基于基本电机扭矩，确定电机的过零补偿扭矩，包括：基于制动力、坡度、车辆速度、电机转速和基本电机扭矩，确定过零补偿扭矩；或，基于车辆速度、车辆加速度、电机转速和基本电机扭矩，确定过零补偿扭矩。

- 15 在一种可能的实施方式中，基于制动力、坡度、车辆速度、电机转速和基本电机扭矩，确定过零补偿扭矩，包括：基于制动力、坡度、车辆速度、电机转速和基本电机扭矩，确定过零开始时刻、过零结束时刻、过零开始时刻的基本电机扭矩、过零平台扭矩和过零平台扭矩的持续时长；基于过零开始时刻、过零结束时刻、过零开始时刻的基本电机扭矩、过零平台扭矩和过零平台扭矩的持续时长，确定过零补偿扭矩。

- 20 在一种可能的实施方式中，还包括：基于过零开始时刻、过零结束时刻、过零开始时刻的基本电机扭矩、过零平台扭矩和过零平台扭矩的持续时长，确定过零补偿扭矩的开始时刻、过零补偿扭矩的结束时刻、修正电机扭矩控制下的过零结束时刻。

- 25 在一种可能的实施方式中，基于制动力、坡度、车辆速度、电机转速和基本电机扭矩，确定过零补偿扭矩，包括：确定制动力和制动力换算系数的第一积，制动力换算系数与坡度、车辆速度、电机转速和基本电机扭矩存在映射关系；确定坡度和坡度换算系数的第二积，坡度换算系数与制动力、车辆速度、电机转速和基本电机扭矩存在映射关系；根据第一积与第二积的第一和，确定过零补偿扭矩。

- 30 在一种可能的实施方式中，基于车辆速度、车辆加速度、电机转速和基本电机扭矩，确定过零补偿扭矩，包括：确定车辆加速度与车辆加速度换算

系数的第三积，车辆加速度换算系数与车辆加速度、车辆速度、电机转速和基本电机扭矩存在映射关系；根据第三积，确定过零补偿扭矩。

在一种可能的实施方式中，基于基本电机扭矩和过零补偿扭矩，确定电机的修正电机扭矩，包括：根据基本电机扭矩与过零补偿扭矩的第二和，确定修正电机扭矩。

在一种可能的实施方式中，基于修正电机扭矩，控制电机的输出扭矩，以进行过零，包括：控制电机按照修正电机扭矩进行输出，以进行过零。

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：获取模块，用于获取电动车的车辆运行信息；第一确定模块，用于基于车辆运行信息，确定电动车的电机的基本电机扭矩；第二确定模块，用于基于基本电机扭矩，确定电机的过零补偿扭矩；第三确定模块，用于基于基本电机扭矩和过零补偿扭矩，确定电机的修正电机扭矩；控制模块，用于基于修正电机扭矩，控制电机的输出扭矩，以进行过零。

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的电机控制方法、装置和存储介质，通过车辆运行信息确定基本电机扭矩，并通过基本电机扭矩确定电机的过零补偿扭矩，并基于基本电机扭矩和过零补偿扭矩确定电机的修正电机扭矩，从而根据修正电机扭矩对电动车的电机扭矩进行修正，这样就可以利用修正后的电机扭矩对电机进行过零，以实现减小甚至消除电机的正负扭矩切换带来的齿隙冲击，也即，减小甚至消除过零冲击。

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 为本申请实施例提供的电动车的电机控制方法的应用场景示意图；

5 图 2 为本申请实施例提供的电动车的电机控制方法的流程图；

图 3 为相关技术提供的基本电机扭矩控制下电机的过零表现示意图；

图 4 为本申请实施例提供的基本电机扭矩从正扭矩向负扭矩过渡且车速或轮速下降时过零补偿扭矩的开始时刻示意图；

10 图 5 为本申请实施例提供的基本电机扭矩从正扭矩向负扭矩过渡且车速或轮速上升时过零补偿扭矩的开始时刻示意图；

图 6 为本申请实施例提供的基本电机扭矩从负扭矩向正扭矩过渡且车速或轮速下降时过零补偿扭矩的开始时刻示意图；

图 7 为本申请实施例提供的基本电机扭矩从负扭矩向正扭矩过渡且车速或轮速上升时过零补偿扭矩的开始时刻示意图；

15 图 8 为本申请实施例提供修正电机扭矩控制下电机的过零表现与基本电机扭矩控制下电机的过零表现的对比示意图；

图 9 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；

图 10 是根据一示例性实施例示出的一种电动车的框图。

20 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，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。

25 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。

5 过零：电机的正扭矩和负扭矩的转换过程。

背景技术中提供的相关技术中，至少存在以下技术问题：

使用固定的扭矩或使用较慢的扭矩变化速率进行过零控制以减弱过零冲击，一般称其为过零平台扭矩控制。但这种方式未考虑到制动力、坡道、车辆阻力（如温度变化导致的车辆阻力变化）或道路阻力变化等对车辆运动状态的改变，使得电机在过零平台扭矩的控制范围以外进行过零，从而导致存在制动力、坡道、车辆阻力或道路阻力变化时电机的过零冲击变大的问题。

针对相关技术中的问题，本申请提出一种电动车的电机控制方法，通过车辆运行信息确定基本电机扭矩，并通过基本电机扭矩确定电机的过零补偿扭矩，并基于基本电机扭矩和过零补偿扭矩确定电机的修正电机扭矩，从而根据修正电机扭矩对电动车的电机扭矩进行修正，这样就可以利用修正后的电机扭矩对电机进行过零，以实现减小甚至消除电机的正负扭矩切换带来的齿隙冲击，也即，减小甚至消除过零冲击。

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 1 为本申请实施例提供的电动车的电机控制方法的应用场景示意图，如图 1 所示，控制器中可以接收车辆运行信息，并根据车辆运行信息确定基本电机扭矩和过零补偿扭矩，并基于基本电机扭矩和过零补偿扭矩确定电机的修正电机扭矩，然后将修正电机扭矩输出给电机。电机在接收到修正电机扭矩之后，将修正电机扭矩作为输出，从而实现电机的过零。

在上述场景中，由于电机的过零冲击与电机转速的最大转速差呈正相关关系，电机转速的最大转速差越大，过零冲击越大。在基本电机扭矩控制下，电机转速的最大转速差较大，从而会导致电机的过零冲击较大，影响用户的驾驶舒适性，因此，需要确定过零补偿扭矩，以对基本电机扭矩进行修正，这样在修正电机扭矩控制下，电机转速的最大转速差会小于基本电机扭矩控制下的电机转速的最大转速差，从而相对于基本电机扭矩，在修正电机扭矩控制下，电机转速的最大转速差减小，因此，电机的过零冲击会减小甚至消除。

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 2 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 2 所示，该方法包括以下步骤：

5 S201：获取电动车的车辆运行信息。

在本步骤中，电动车的车辆运行信息可以用于确定各扭矩，例如，基本电机扭矩、过零补偿扭矩、修正电机扭矩等。

S202：基于车辆运行信息，确定电动车的电机的基本电机扭矩。

10 在本步骤中，基本电机扭矩可以是不考虑制动力和坡度，或不考虑车辆减速度对过零影响的控制扭矩，也可以是水平道路且无刹车条件下的控制扭矩。可以通过车辆运行信息确定用户的需求扭矩，该需求扭矩即为基本电机扭矩。

S203：基于基本电机扭矩，确定电机的过零补偿扭矩。

15 在本步骤中，在确定基本电机扭矩之后，由于电机的过零冲击与电机转速的最大转速差呈正相关关系，电机转速的最大转速差越大，过零冲击越大，而在基本电机扭矩控制下，电机转速的最大转速差较大，从而会导致电机的过零冲击较大，影响用户的驾驶舒适性，因此，需要确定电机的过零补偿扭矩，以对基本电机扭矩进行修正，这样就可以减小电机的最大转速差，从而减小甚至消除电机的过零冲击。

20 S204：基于基本电机扭矩和过零补偿扭矩，确定电机的修正电机扭矩。

在本步骤中，过零补偿扭矩可以用于对电机的过零进行补偿，因此，在确定基本电机扭矩和过零补偿扭矩之后，可以基于过零补偿扭矩对基本电机扭矩进行修正，从而得到修正电机扭矩。

S205：基于修正电机扭矩，控制电机的输出扭矩，以进行过零。

25 在本步骤中，通过过零补偿扭矩对基本电机扭矩进行修正，得到修正电机扭矩之后，在修正电机扭矩控制下，电机转速的最大转速差会小于基本电机扭矩控制下的电机转速的最大转速差，从而相对于基本电机扭矩，在修正电机扭矩控制下，电机转速的最大转速差减小，因此，电机的过零冲击会减小甚至消除。

30 本实施例提供的电动车的电机控制方法，通过车辆运行信息确定基本电

机扭矩，并通过基本电机扭矩确定电机的过零补偿扭矩，并基于基本电机扭矩和过零补偿扭矩确定电机的修正电机扭矩，从而根据修正电机扭矩对电动车的电机扭矩进行修正，这样就可以利用修正后的电机扭矩对电机进行过零，以实现减小甚至消除电机的正负扭矩切换带来的齿隙冲击，也即，减小甚至消除过零冲击。

在一种实施例中，车辆运行信息包括以下中的至少一项：车辆速度、车辆加速度、电机转速、轮速、加速踏板位置、制动踏板位置、制动主缸压力、制动力、制动扭矩、坡度、蠕行设置状态、能量回收设置状态、单踏板驾驶模式设置状态、驾驶模式设置状态。

在该方案中，制动力指机械刹车装置通过摩擦提供的车辆制动力；车辆速度、车辆加速度、电机转速、轮速、坡度等车辆运行信息可通过车辆自身的传感器测量获得，也可通过车辆外测量装备获得，车辆加速度也可通过对车辆速度进行计算获得。加速踏板位置和制动踏板位置也可以通过传感器测量得到，或根据踏板压力计算得到。制动主缸压力和制动扭矩也可以通过计算或测量得到。蠕行设置状态可以指是否将车辆设置为蠕行状态，若将车辆设置为蠕行状态，则松开刹车踏板与加速踏板后车辆最终将按照蠕行速度运动。能量回收设置状态可以指是否将车辆设置为能量回收状态以及设置的能量回收等级。单踏板驾驶模式设置状态可以指是否将车辆设置为单踏板驾驶模式设置状态。驾驶模式设置状态可以指将车辆设置为哪种驾驶模式，例如，舒适模式、经济模式等。

可选地，在实际使用过程中，可以使用上述全部的车辆运行信息或部分车辆运行信息参与各扭矩的计算。例如，既可以将电机转速作为速度输入，又可以将车辆速度或者轮速作为速度输入；即可以将制动力作为制动信号输入，也可以将制动扭矩或者制动主缸压力或者制动踏板位置作为制动信号的输入；或者利用车辆加速度来代替制动信号和坡度信号。

可选地，通过车辆运行信息可以对基本电机扭矩进行修正，得到修正电机扭矩，这样就可以利用修正电机扭矩对电机进行过零，以实现减小甚至消除电机的正负扭矩切换带来的齿隙冲击，也即，减小甚至消除过零冲击。

在一种实施例中，基于车辆运行信息，确定电动车的电机的基本电机扭矩，包括：根据加速踏板位置、制动踏板位置、蠕行设置状态、能量回收设置

状态、单踏板驾驶模式设置状态和驾驶模式设置状态，以及车辆速度和/或电机转速和/或轮速，确定基本电机扭矩。

在该方案中，加速踏板位置、制动踏板位置、蠕行设置状态、能量回收设置状态、单踏板驾驶模式设置状态、驾驶模式设置状态以及车辆速度和/或电机转速和/或轮速等车辆状态和车辆设置状态，与基本电机扭矩之间存在对应关系，在确定加速踏板位置、制动踏板位置、蠕行设置状态、能量回收设置状态、单踏板驾驶模式设置状态、驾驶模式设置状态，以及车辆速度和/或电机转速和/或轮速之后，就可以根据对应关系确定出基本电机扭矩。

可选地，在确定基本电机扭矩之后，由于电机的过零冲击与电机转速的最大转速差呈正相关关系，电机转速的最大转速差越大，过零冲击越大，而在基本电机扭矩控制下，电机转速的最大转速差较大，从而会导致电机的过零冲击较大，影响用户的驾驶舒适性。如图 3 所示，图 3 为相关技术提供的基本电机扭矩控制下电机的过零表现示意图。

在图 3 中， ΔV 可以表示为电机转速的最大转速差，过零冲击的大小和 ΔV 的大小呈正相关关系。 t_0 可以表示为过零开始时刻。 t_1 可以表示为过零结束时刻。 T_{bas} 可以表示为基本电机扭矩。 T_{bas0} 可以表示为过零开始时刻的基本电机扭矩。 T_{bas1} 可以表示为基本电机扭矩控制下的过零平台扭矩。 Δt_{bas1} 可以表示为基本电机扭矩控制下的过零平台扭矩的持续时长。

由图 3 可以看出，电机转速的最大转速差较大，也就是说电机转速的变化较大，这样会导致电机的过零冲击较大，影响用户的驾驶舒适性。因此，在确定出基本电机扭矩之后，就可以对基本电机扭矩进行修正，从而减小甚至消除电机的过零冲击，进而提高用户的驾驶舒适性。

在一种实施例中，基于基本电机扭矩，确定电机的过零补偿扭矩，包括：基于制动力、坡度、车辆速度、电机转速和基本电机扭矩，确定过零补偿扭矩；或，基于车辆速度、车辆加速度、电机转速和基本电机扭矩，确定过零补偿扭矩。

在该方案中，由于电机在基本电机扭矩控制下，过零冲击较大，因此需要确定电机的过零补偿扭矩，以对基本电机扭矩进行修正，这样就可以减小电机的最大转速差，从而减小甚至消除电机的过零冲击。在确定过零补偿扭矩时，可以根据制动力、坡度、车辆速度、电机转速以及基本电机扭矩等信息

计算过零补偿扭矩，也可以根据车辆速度、车辆加速度、基本电机扭矩、电机转速等信息计算过零补偿扭矩。

在一种实施例中，基于制动力、坡度、车辆速度、电机转速和基本电机扭矩，确定过零补偿扭矩，包括：基于制动力、坡度、车辆速度、电机转速和基本电机扭矩，确定过零开始时刻、过零结束时刻、过零开始时刻的基本电机扭矩、过零平台扭矩和过零平台扭矩的持续时长；基于过零开始时刻、过零结束时刻、过零开始时刻的基本电机扭矩、过零平台扭矩和过零平台扭矩的持续时长，确定过零补偿扭矩。

在该方案中，在实际使用过程中，可根据制动力和坡度（或车辆加速度）、基本电机扭矩、车辆速度（或轮速）、电机转速等车辆运行信息计算出过零开始时刻 t_0 、过零结束时刻 t_1 、过零开始时刻的基本电机扭矩 T_{bas0} 、过零平台扭矩 T_{bas1} 、过零平台扭矩的持续时长 Δt_{bas1} 。也即，通过计算可以获得制动力和坡度（或车辆加速度）、基本电机扭矩、车辆速度（或轮速）、电机转速等车辆运行信息，与过零开始时刻 t_0 、过零结束时刻 t_1 、过零开始时刻的基本电机扭矩 T_{bas0} 、过零平台扭矩 T_{bas1} 、过零平台扭矩的持续时间 Δt_{bas1} 的对应关系，这样在确定制动力和坡度（或车辆加速度）、基本电机扭矩、车辆速度（或轮速）、电机转速等车辆运行信息之后，就可以根据对应关系，确定出过零开始时刻 t_0 、过零结束时刻 t_1 、过零开始时刻的基本电机扭矩 T_{bas0} 、过零平台扭矩 T_{bas1} 、过零平台扭矩的持续时长 Δt_{bas1} 。

可选地，也可以在实际试验环境中进行测试，以获得制动力和坡度（或车辆加速度）、基本电机扭矩、车速（或轮速）等车辆运行信息，与过零开始时刻 t_0 、过零结束时刻 t_1 、过零开始时刻的基本电机扭矩 T_{bas0} 、过零平台扭矩 T_{bas1} 、过零平台扭矩的持续时间 Δt_{bas1} 的对应关系。

在一种可选的实施方式中，由于过零开始时刻 t_0 、过零结束时刻 t_1 、过零开始时刻的基本电机扭矩 T_{bas0} 、过零平台扭矩 T_{bas1} 、过零平台扭矩的持续时间 Δt_{bas1} ，与过零补偿扭矩 T_{corr} 之间存在对应关系，因此，在确定过零开始时刻 t_0 、过零结束时刻 t_1 、过零开始时刻的基本电机扭矩 T_{bas0} 、过零平台扭矩 T_{bas1} 、过零平台扭矩的持续时间 Δt_{bas1} 之后，就可以得到过零补偿扭矩 T_{corr} 。

可选地，由于电机的过零冲击与电机转速的最大转速差呈正相关关系，电机转速的最大转速差越大，过零冲击越大，而在基本电机扭矩控制下，电

机转速的最大转速差较大，从而会导致电机的过零冲击较大，影响用户的驾驶舒适性，因此，需要确定电机的过零补偿扭矩，以对基本电机扭矩进行修正，这样就可以减小电机的最大转速差，从而减小甚至消除电机的过零冲击。

在一种实施例中，还包括：基于过零开始时刻、过零结束时刻、过零开始时刻的基本电机扭矩、过零平台扭矩和过零平台扭矩的持续时长，确定过零补偿扭矩的开始时刻、过零补偿扭矩的结束时刻、修正电机扭矩控制下的过零结束时刻。

在该方案中，在根据过零开始时刻 t_0 、过零结束时刻 t_1 、过零开始时刻的基本电机扭矩 T_{bas0} 、过零平台扭矩 T_{bas1} 、过零平台扭矩的持续时间 Δt_{bas1} 确定过零补偿扭矩时，由于过零开始时刻 t_0 、过零结束时刻 t_1 、过零开始时刻的基本电机扭矩 T_{bas0} 、过零平台扭矩 T_{bas1} 、过零平台扭矩的持续时间 Δt_{bas1} ，还与过零补偿扭矩的开始时刻 $t_{0'}$ 、修正电机扭矩控制下的过零结束时刻 $t_{1'}$ 、过零补偿扭矩的结束时刻 t_2 之间存在对应关系，因此，在确定过零开始时刻 t_0 、过零结束时刻 t_1 、过零开始时刻的基本电机扭矩 T_{bas0} 、过零平台扭矩 T_{bas1} 、过零平台扭矩的持续时间 Δt_{bas1} 之后，还可以得到过零补偿扭矩的开始时刻 $t_{0'}$ 、修正电机扭矩控制下的过零结束时刻 $t_{1'}$ 、过零补偿扭矩的结束时刻 t_2 。

可选地，通过确定这些时刻，就可以确定在哪个时刻开始过零补偿扭矩，在哪个时刻结束过零补偿扭矩，以及确定在修正电机扭矩控制下哪个时刻过零结束，从而提高用户的驾驶体验。

在一种可选的实施方式中，如图 4 所示，图 4 为本申请实施例提供的基本电机扭矩从正扭矩向负扭矩过渡且车速或轮速下降时过零补偿扭矩的开始时刻示意图。当基本电机扭矩 T_{bas} 从正扭矩向负扭矩过渡，且车辆速度（或轮速）下降时， T_{corr} 、 $t_{0'}$ 、 $t_{1'}$ 、 t_2 可通过如下方式确定：

优选的， $t_{0'} = t_0 - \Delta t_{bas1}$ ；可选的， $t_0 - \Delta t_{bas1} < t_{0'} < t_0$ 。

优选的， $T_{corr} = T_{bas0} - T_{bas1}$ ；可选的， $T_{bas0} - |T_{bas1}| \leq T_{corr} < 0$ 。

当 $t_{0'}$ 与 T_{corr} 确定后，可根据对应关系计算或根据实际测试，确定出修正电机扭矩控制下的过零结束时刻 $t_{1'}$ 。

优选的， $t_2 = t_{1'}$ ；可选的， $t_{0'} < t_2 < t_{1'}$ ；可选的， $t_{1'} < t_2$ 。

在实际应用中可根据实际的车辆过零表现对 T_{corr} 、 $t_{0'}$ 、 t_2 进行标定和调整。

在一种可选的实施方式中，如图 5 所示，图 5 为本申请实施例提供的基本电机扭矩从正扭矩向负扭矩过渡且车速或轮速上升时过零补偿扭矩的开始时刻示意图。当基本电机扭矩 T_{bas} 从正扭矩向负扭矩过渡，且车辆速度（或轮速）上升时， T_{corr} 、 $t_{0'}$ 、 $t_{1'}$ 、 t_2 可通过如下方式确定：

5 优选的， $t_0 < t_{0'} < t_1$ 。

优选的， $T_{corr} = T_{bas0} - T_{bas1}$ ；可选的， $0 < T_{corr} < T_{bas0} + |T_{bas1}|$ 。

当 $t_{0'}$ 与 T_{corr} 确定后，可根据对应关系计算或根据实际测试，确定出修正电机扭矩控制下的过零结束时刻 $t_{1'}$ 。

10 优选的， $t_2 = t_{1'}$ ；可选的， $t_{0'} < t_2 < t_1$ ；可选的， $t_1 < t_2 < t_{1'}$ ；可选的， $t_{1'} < t_2$ 。

在实际应用中可根据实际的车辆过零表现对 T_{corr} 、 $t_{0'}$ 、 t_2 进行标定和调整。

在一种可选的实施方式中，如图 6 所示，图 6 为本申请实施例提供的基本电机扭矩从负扭矩向正扭矩过渡且车速或轮速下降时过零补偿扭矩的开始时刻示意图。当基本电机扭矩 T_{bas} 从负扭矩向正扭矩过渡，且车辆速度（或轮速）下降时， T_{corr} 、 $t_{0'}$ 、 $t_{1'}$ 、 t_2 可通过如下方式确定：

优选的， $t_0 < t_{0'} < t_1$ 。

优选的， $T_{corr} = T_{bas0} - T_{bas1}$ ；可选的， $T_{bas0} - |T_{bas1}| < T_{corr} < 0$ 。

20 当 $t_{0'}$ 与 T_{corr} 确定后，可根据对应关系计算或根据实际测试，确定出修正电机扭矩控制下的过零结束时刻 $t_{1'}$ 。

优选的， $t_2 = t_{1'}$ ；可选的， $t_{0'} < t_2 < t_1$ ；可选的， $t_1 < t_2 < t_{1'}$ ；可选的， $t_{1'} < t_2$ 。

在实际应用中可根据实际的车辆过零表现对 T_{corr} 、 $t_{0'}$ 、 t_2 进行标定和调整。

25 在一种可选的实施方式中，如图 7 所示，图 7 为本申请实施例提供的基本电机扭矩从负扭矩向正扭矩过渡且车速或轮速上升时过零补偿扭矩的开始时刻示意图。当基本电机扭矩 T_{bas} 从负扭矩向正扭矩过渡，且车辆速度（或轮速）上升时， T_{corr} 、 $t_{0'}$ 、 $t_{1'}$ 、 t_2 可通过如下方式确定：

优选的， $t_{0'} = t_0 - \Delta t_{bas1}$ ；可选的， $t_0 - \Delta t_{bas1} < t_{0'} < t_0$ 。

30 优选的， $T_{corr} = T_{bas0} - T_{bas1}$ ；可选的， $0 \leq T_{corr} < T_{bas0} + |T_{bas1}|$ 。

当 $t_{0'}$ 与 T_{corr} 确定后, 可根据对应关系计算或根据实际测试, 确定出修正电机扭矩控制下的过零结束时刻 $t_{1'}$ 。

优选的, $t_2 = t_{1'}$; 可选的, $t_{0'} < t_2 < t_{1'}$; 可选的, $t_{1'} < t_2$ 。

在实际应用中可根据实际的车辆过零表现对 T_{corr} 、 $t_{0'}$ 、 t_2 进行标定和调

5 整。

在一种实施例中, 基于制动力、坡度、车辆速度、电机转速和基本电机扭矩, 确定过零补偿扭矩, 包括: 确定制动力和制动力换算系数的第一积, 制动力换算系数与坡度、车辆速度、电机转速和基本电机扭矩存在映射关系; 确定坡度和坡度换算系数的第二积, 坡度换算系数与制动力、车辆速度、电机

10

转速和基本电机扭矩存在映射关系; 根据第一积与第二积的第一和, 确定过零补偿扭矩。

在该方案中, 过零补偿扭矩 T_{corr} 可以为计算值, 可以通过制动力、坡度、车辆速度 (或轮速)、电机转速和基本电机扭矩, 进行实时计算获得 T_{corr} 。计算公式可以如下:

15

$$T_{\text{corr}} = F_{\text{brak}} * A + \alpha * B$$

其中, F_{brak} 可表示制动力; α 可表示坡度; A 可表示制动力换算系数; B 可表示坡度换算系数。 A 可以是固定的系数, 也可以是与 F_{brak} 、车辆速度、电机转速、基本电机扭矩有映射关系的系数; B 可以是固定的系数, 也可以是与 α 、车辆速度、电机转速和基本电机扭矩有映射关系的系数。

20

可选地, 由于电机在基本电机扭矩控制下, 过零冲击较大, 因此需要确定电机的过零补偿扭矩, 以对基本电机扭矩进行修正, 这样就可以减小电机的最大转速差, 从而减小甚至消除电机的过零冲击。

在一种可选的实施方式中, T_{corr} 还可以为预设值, 预设值代表 T_{corr} 与制动力和坡度 (或车辆加速度)、车速 (或轮速)、电机转速和基本电机扭矩的

25

映射关系, 可通过存储于存储单元内的一个或多个映射表格经查表获得。

在一种实施例中, 基于车辆速度、车辆加速度、电机转速和基本电机扭矩, 确定过零补偿扭矩, 包括: 确定车辆加速度与车辆加速度换算系数的第三积, 车辆加速度换算系数与车辆加速度、车辆速度、电机转速和基本电机扭矩存在映射关系; 根据第三积, 确定过零补偿扭矩。

30

在该方案中, 过零补偿扭矩 T_{corr} 可以为计算值, 可以通过车辆速度、车

辆加速度、电机转速和基本电机扭矩，进行实时计算获得 T_{corr} 。计算公式可以如下：

$$T_{\text{corr}} = a * K$$

其中， a 可表示车辆加速度； K 可表示车辆加速度换算系数； K 可以是固定的系数，也可以是与 a 、车辆速度、电机转速、基本电机扭矩有映射关系的系数。

可选地，由于电机在基本电机扭矩控制下，过零冲击较大，因此需要确定电机的过零补偿扭矩，以对基本电机扭矩进行修正，这样就可以减小电机的最大转速差，从而减小甚至消除电机的过零冲击。

在一种实施例中，基于基本电机扭矩和过零补偿扭矩，确定电机的修正电机扭矩，包括：根据基本电机扭矩与过零补偿扭矩的第二和，确定修正电机扭矩。

在该方案中，在确定了基本电机扭矩和过零补偿扭矩之后，可以通过以下公式确定修正电机扭矩：

$$T_{\text{conf}} = T_{\text{bas}} + T_{\text{corr}}$$

其中， T_{conf} 可表示修正电机扭矩。通过过零补偿扭矩对基本电机扭矩进行修正，得到修正电机扭矩之后，在修正电机扭矩控制下，电机转速的最大转速差会小于基本电机扭矩控制下的电机转速的最大转速差，从而相对于基本电机扭矩，在修正电机扭矩控制下，电机转速的最大转速差减小，因此，电机的过零冲击会减小甚至消除。如图 8 所示，图 8 为本申请实施例提供修正电机扭矩控制下电机的过零表现与基本电机扭矩控制下电机的过零表现的对比示意图。

在图 8 中， T_{corr} 可表示过零补偿扭矩。 $\Delta V'$ 可表示修正电机扭矩控制下的电机转速的最大转速差。 T_{conf} 可表示修正电机扭矩。 t_0 可表示过零补偿扭矩的开始时刻。 t_1 可表示修正电机扭矩控制下的过零结束时刻。 t_2 可表示过零补偿扭矩的结束时刻。

由图 8 可以看出，相对于基本电机扭矩控制下电机的最大转速差，修正电机扭矩控制下电机的最大转速差 $\Delta V'$ 明显变小，因此，在修正电机扭矩控制下，电机的过零冲击会减小甚至消除。

在一种实施例中，基于修正电机扭矩，控制电机的输出扭矩，以进行过

零，包括：控制电机按照修正电机扭矩进行输出，以进行过零。

在该方案中，在得到修正电机扭矩之后，为了减小甚至消除电机的过零冲击，可以控制电机按照修正电机扭矩进行扭矩输出，这样电机在过零时，冲击可明显减小甚至消除。

- 5 本申请提供的电动车的电机控制方法，通过获取车辆运行信息来计算基本电机扭矩和过零补偿扭矩，再通过基本电机扭矩和过零补偿扭矩计算出修正电机扭矩，这样就可以通过修正电机扭矩控制电机的输出扭矩进行过零，从而实现减小或消除电机的过零冲击。

需要说明的是，本申请所涉及的用户信息（包括但不限于用户设备信息、
10 用户个人信息等）和数据（包括但不限于用于分析的数据、存储的数据、展示的数据等），均为经用户授权或者经过各方充分授权的信息和数据，并且相关数据的收集、使用和处理需要遵守相关国家和地区的相关法律法规和标准，并提供有相应的操作入口，供用户选择授权或者拒绝。

本申请还提供了一种电动车的电机控制装置。图 9 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 9 所示，该电动车的电机控制
15 装置 900 包括：

采集模块 901，用于获取电动车的车辆运行信息；

第一确定模块 902，用于基于车辆运行信息，确定电动车的电机的基本电机
20 扭矩；

第二确定模块 903，用于基于基本电机扭矩，确定电机的过零补偿扭矩；

第三确定模块 904，用于基于基本电机扭矩和过零补偿扭矩，确定电机的
修正电机扭矩；

控制模块 905，用于基于修正电机扭矩，控制电机的输出扭矩，以进行过
零。

25 可选的，车辆运行信息包括以下中的至少一项：车辆速度、车辆加速度、电机转速、轮速、加速踏板位置、制动踏板位置、制动主缸压力、制动力、制动扭矩、坡度、蠕行设置状态、能量回收设置状态、单踏板驾驶模式设置状态、驾驶模式设置状态。

可选的，第一确定模块 902 在基于车辆运行信息，确定电动车的电机
30 基本电机扭矩时，具体用于：根据加速踏板位置、制动踏板位置、蠕行设置状

态、能量回收设置状态、单踏板驾驶模式设置状态和驾驶模式设置状态，以及车辆速度和/或电机转速和/或轮速，确定基本电机扭矩。

可选的，第二确定模块 903 在基于基本电机扭矩，确定电机的过零补偿扭矩时，具体用于：基于制动力、坡度、车辆速度、电机转速和基本电机扭矩，确定过零补偿扭矩；或，基于车辆速度、车辆加速度、电机转速和基本电机扭矩，确定过零补偿扭矩。

可选的，第二确定模块 903 在基于制动力、坡度、车辆速度、电机转速和基本电机扭矩，确定过零补偿扭矩时，具体用于：基于制动力、坡度、车辆速度、电机转速和基本电机扭矩，确定过零开始时刻、过零结束时刻、过零开始时刻的基本电机扭矩、过零平台扭矩和过零平台扭矩的持续时长；基于过零开始时刻、过零结束时刻、过零开始时刻的基本电机扭矩、过零平台扭矩和过零平台扭矩的持续时长，确定过零补偿扭矩。

可选的，还包括：第四确定模块，用于基于过零开始时刻、过零结束时刻、过零开始时刻的基本电机扭矩、过零平台扭矩和过零平台扭矩的持续时长，确定过零补偿扭矩的开始时刻、过零补偿扭矩的结束时刻、修正电机扭矩控制下的过零结束时刻。

可选的，第二确定模块 903 在基于制动力、坡度、车辆速度、电机转速和基本电机扭矩，确定过零补偿扭矩时，具体用于：确定制动力和制动力换算系数的第一积，制动力换算系数与坡度、车辆速度、电机转速和基本电机扭矩存在映射关系；确定坡度和坡度换算系数的第二积，坡度换算系数与制动力、车辆速度、电机转速和基本电机扭矩存在映射关系；根据第一积与第二积的第一和，确定过零补偿扭矩。

可选的，第二确定模块 903 在基于车辆速度、车辆加速度、电机转速和基本电机扭矩，确定过零补偿扭矩时，具体用于：确定车辆加速度与车辆加速度换算系数的第三积，车辆加速度换算系数与车辆加速度、车辆速度、电机转速和基本电机扭矩存在映射关系；根据第三积，确定过零补偿扭矩。

可选的，第三确定模块 904 在基于基本电机扭矩和过零补偿扭矩，确定电机的修正电机扭矩时，具体用于：根据基本电机扭矩与过零补偿扭矩的第二和，确定修正电机扭矩。

可选的，控制模块 905 在基于修正电机扭矩，控制电机的输出扭矩，以

进行过零时，具体用于：控制电机按照修正电机扭矩进行输出，以进行过零。

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。

5 本申请实施例还提供了一种电动车。图 10 是根据一示例性实施例示出的一种电动车的框图。如图 10 所示，该电动车 1000 包括：

处理器 1011，存储器 1012，以及交互接口 1013；

其中，处理器 1011 与存储器 1012 和交互接口 1013 连接；存储器 1012 用于存储处理器 1011 可执行的计算机执行指令；处理器 1011 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 1013 为处理器 1011 和外围接口模块之间提供接口。

可选的，存储器 1012 既可以是独立的，也可以跟处理器 1011 集成在一起。

可选的，当存储器 1012 是独立于处理器 1011 之外的器件时，电动车 1000 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。

5 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。

10

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。

15

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：

获取电动车的车辆运行信息；

基于所述车辆运行信息，确定所述电动车的电机的基本电机扭矩；

5 基于所述基本电机扭矩，确定所述电机的过零补偿扭矩；

基于所述基本电机扭矩和所述过零补偿扭矩，确定所述电机的修正电机扭矩；

基于所述修正电机扭矩，控制所述电机的输出扭矩，以进行过零。

10 2、根据权利要求 1 所述的电机控制方法，其特征在于，所述车辆运行信息包括以下中的至少一项：

车辆速度、车辆加速度、电机转速、轮速、加速踏板位置、制动踏板位置、制动主缸压力、制动力、制动扭矩、坡度、蠕行设置状态、能量回收设置状态、单踏板驾驶模式设置状态、驾驶模式设置状态。

15 3、根据权利要求 2 所述的电机控制方法，其特征在于，所述基于所述车辆运行信息，确定所述电动车的电机的基本电机扭矩，包括：

根据所述加速踏板位置、所述制动踏板位置、所述蠕行设置状态、所述能量回收设置状态、所述单踏板驾驶模式设置状态和所述驾驶模式设置状态，以及所述车辆速度和/或所述电机转速和/或所述轮速，确定所述基本电机扭矩。

20 4、根据权利要求 2 或 3 所述的电机控制方法，其特征在于，所述基于所述基本电机扭矩，确定所述电机的过零补偿扭矩，包括：

基于所述制动力、所述坡度、所述车辆速度、所述电机转速和所述基本电机扭矩，确定所述过零补偿扭矩；或，

基于所述车辆速度、所述车辆加速度、所述电机转速和所述基本电机扭矩，确定所述过零补偿扭矩。

25 5、根据权利要求 4 所述的电机控制方法，其特征在于，所述基于所述制动力、所述坡度、所述车辆速度、所述电机转速和所述基本电机扭矩，确定所述过零补偿扭矩，包括：

30 基于所述制动力、所述坡度、所述车辆速度、所述电机转速和所述基本电机扭矩，确定过零开始时刻、过零结束时刻、所述过零开始时刻的基本电机扭矩、过零平台扭矩和所述过零平台扭矩的持续时长；

基于所述过零开始时刻、所述过零结束时刻、所述过零开始时刻的基本电机扭矩、所述过零平台扭矩和所述过零平台扭矩的持续时长，确定所述过零补偿扭矩。

6、根据权利要求 5 所述的电机控制方法，其特征在于，还包括：

5 基于所述过零开始时刻、所述过零结束时刻、所述过零开始时刻的基本电机扭矩、所述过零平台扭矩和所述过零平台扭矩的持续时长，确定所述过零补偿扭矩的开始时刻、所述过零补偿扭矩的结束时刻、所述修正电机扭矩控制下的过零结束时刻。

7、根据权利要求 4 所述的电机控制方法，其特征在于，所述基于所述制动力、所述坡度、所述车辆速度、所述电机转速和所述基本电机扭矩，确定所述过零补偿扭矩，包括：

确定所述制动力和制动力换算系数的第一积，所述制动力换算系数与所述坡度、所述车辆速度、所述电机转速和所述基本电机扭矩存在映射关系；

15 确定所述坡度和坡度换算系数的第二积，所述坡度换算系数与所述制动力、所述车辆速度、所述电机转速和所述基本电机扭矩存在映射关系；

根据所述第一积与所述第二积的第一和，确定所述过零补偿扭矩。

8、根据权利要求 4 所述的电机控制方法，其特征在于，所述基于所述车辆速度、所述车辆加速度、所述电机转速和所述基本电机扭矩，确定所述过零补偿扭矩，包括：

20 确定所述车辆加速度与车辆加速度换算系数的第三积，所述车辆加速度换算系数与所述车辆加速度、所述车辆速度、所述电机转速和所述基本电机扭矩存在映射关系；

根据所述第三积，确定所述过零补偿扭矩。

9、根据权利要求 2 或 3 所述的电机控制方法，其特征在于，所述基于所述基本电机扭矩和所述过零补偿扭矩，确定所述电机的修正电机扭矩，包括：

25 根据所述基本电机扭矩与所述过零补偿扭矩的第二和，确定所述修正电机扭矩。

10、根据权利要求 2 或 3 所述的电机控制方法，其特征在于，所述基于所述修正电机扭矩，控制所述电机的输出扭矩，以进行过零，包括：

30 控制所述电机按照所述修正电机扭矩进行输出，以进行过零。

11、一种电动车的电机控制装置，其特征在于，包括：

采集模块，用于获取电动车的车辆运行信息；

第一确定模块，用于基于所述车辆运行信息，确定所述电动车的电机的基本电机扭矩；

5 第二确定模块，用于基于所述基本电机扭矩，确定所述电机的过零补偿扭矩；

第三确定模块，用于基于所述基本电机扭矩和所述过零补偿扭矩，确定所述电机的修正电机扭矩；

10 控制模块，用于基于所述修正电机扭矩，控制所述电机的输出扭矩，以进行过零。

12、一种电动车，其特征在于，包括：处理器，以及与所述处理器连接的存储器；

所述存储器存储计算机执行指令；

15 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 10 任一项所述的电动车的电机控制方法。

13、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执行时用于实现权利要求 1 至 10 任一项所述的电动车的电机控制方法。

20 14、一种计算机程序产品，包括计算机程序，其特征在于，所述计算机程序被执行时用于实现权利要求 1 至 10 任一项所述的电动车的电机控制方法。

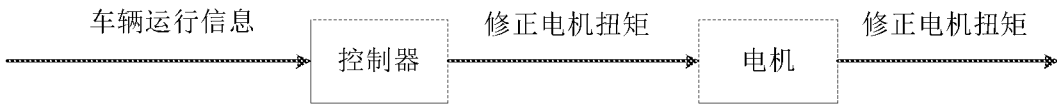


图 1



图 2

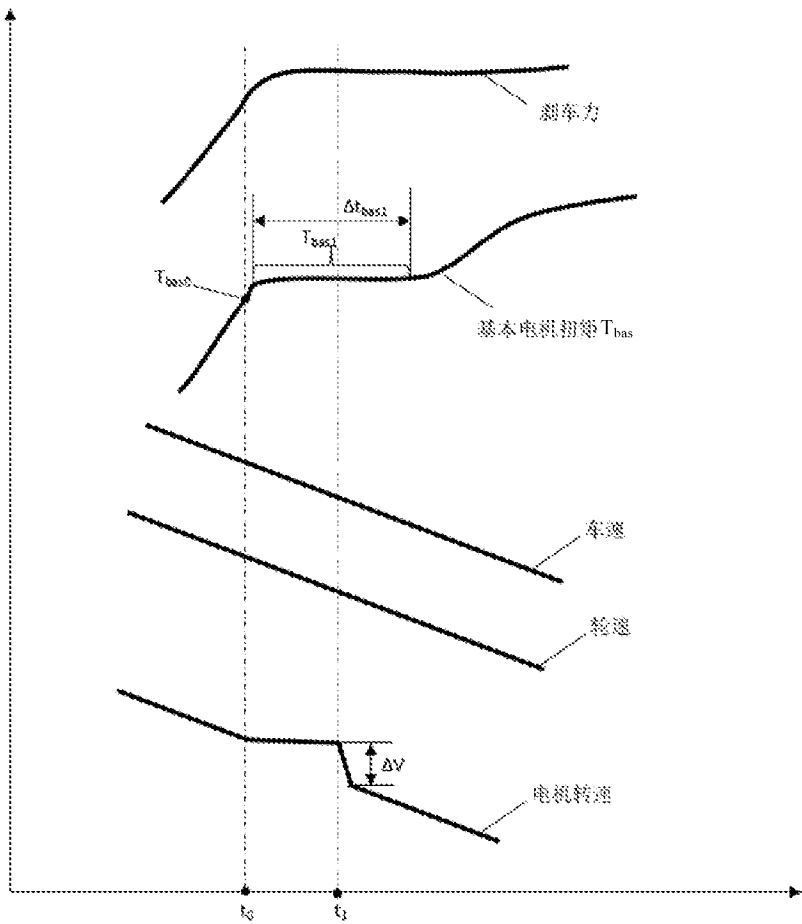


图 3

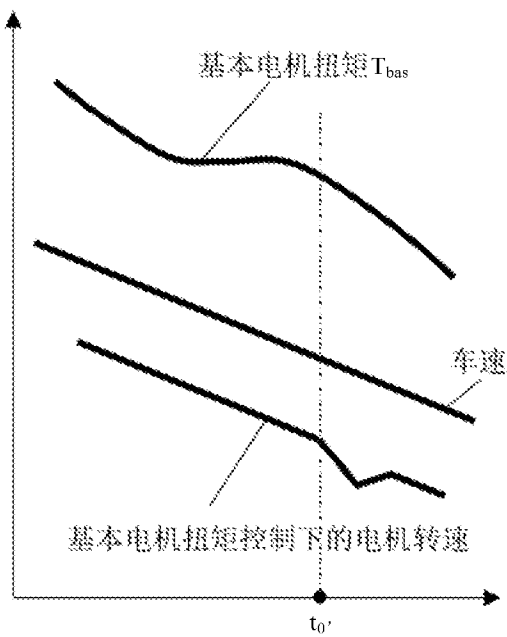


图 4

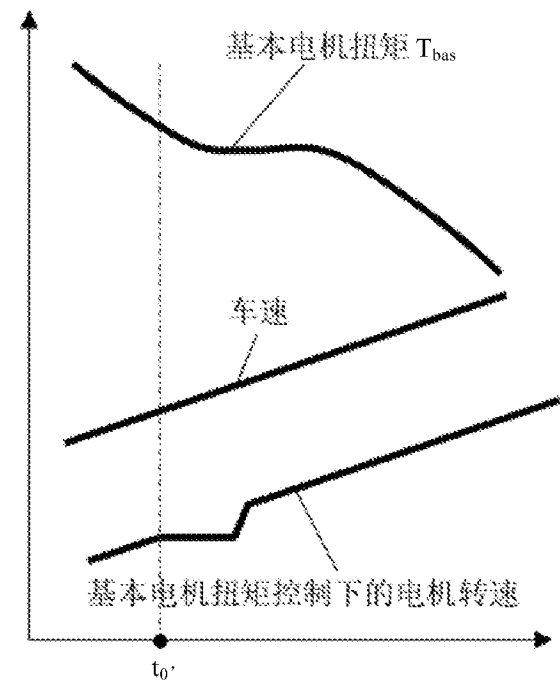


图 5

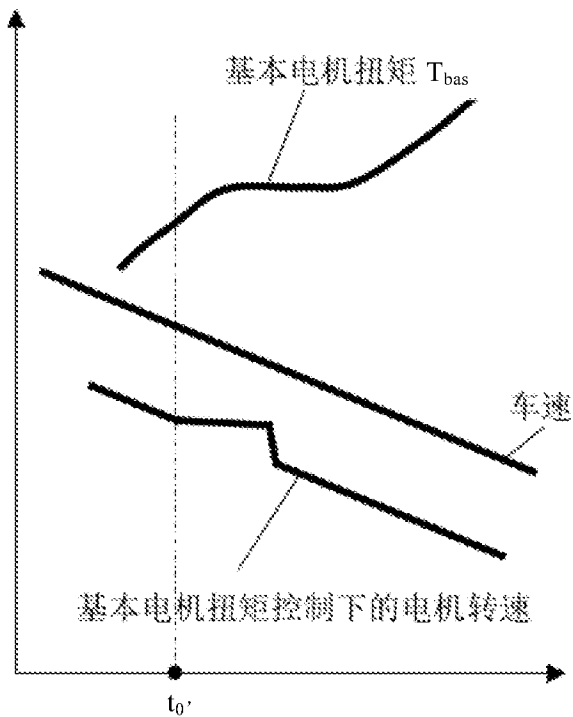


图 6

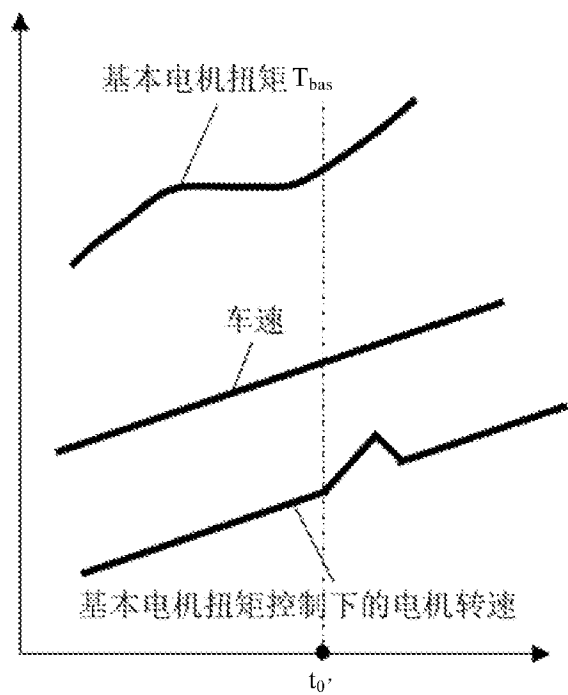


图 7

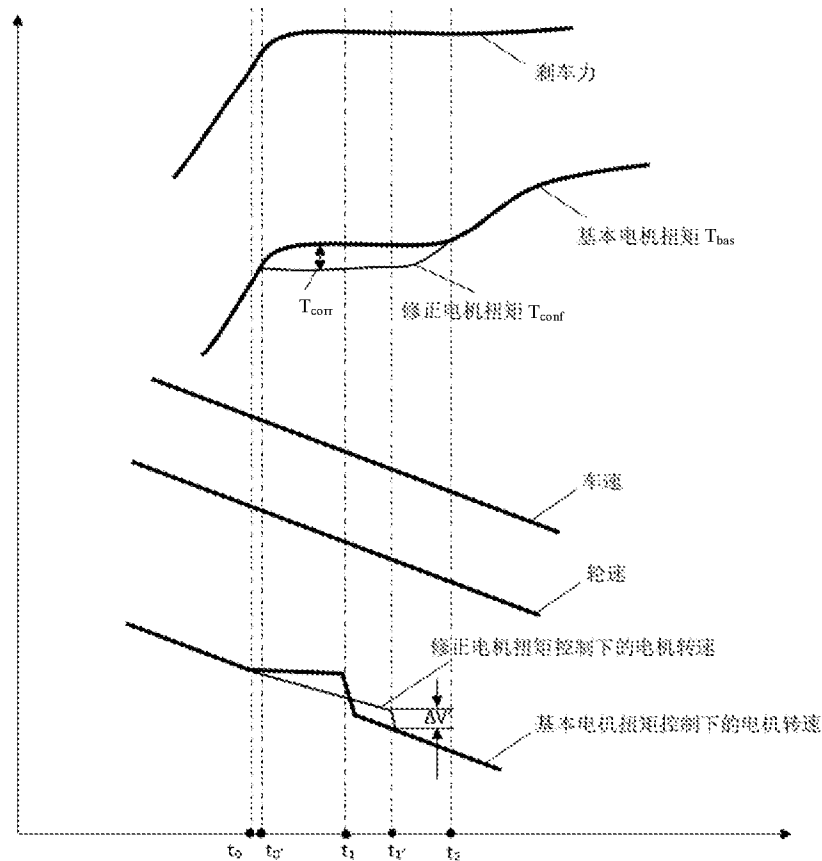


图 8

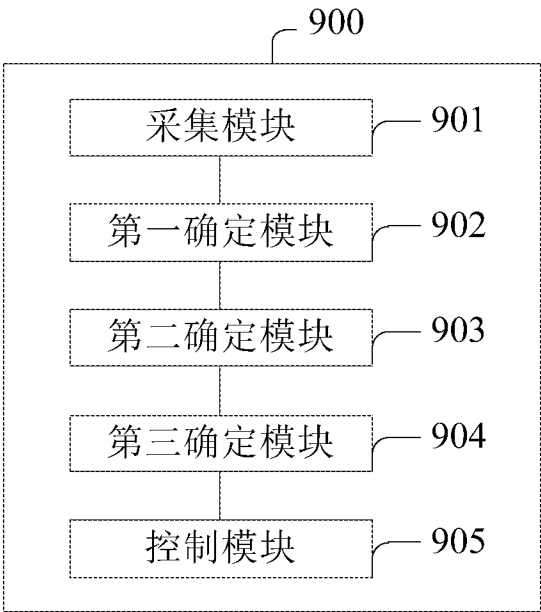


图 9

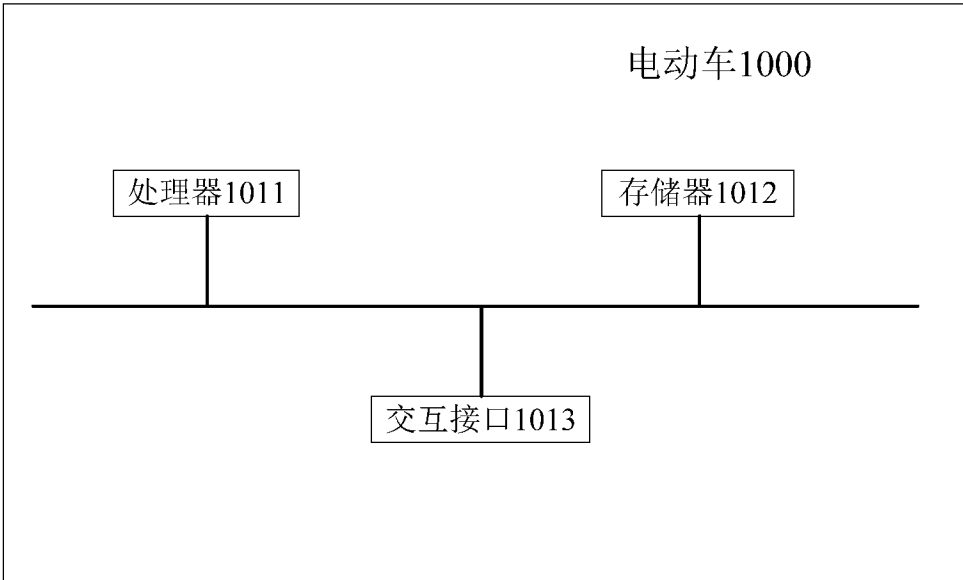


图 10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2023/101480

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
B60W20/15(2016.01)i; B60W30/20(2006.01)i; B60L15/20(2006.01)i		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) B60W,B60L		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) CNKI, CNTXT, ENTXT; DWPI; 过零, 扭矩, 补偿, zero w cross+, torque, compensat+		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	CN 112109711 A (EVERGRANDE NEW ENERGY AUTOMOBILE INVESTMENT HOLDING GROUP CO., LTD.) 22 December 2020 (2020-12-22) description, paragraphs 0032-0140, and figures 1-7	1-14
A	CN 110920415 A (HUMAN-HORIZONS (JIANGSU) TECHNOLOGY CO., LTD.) 27 March 2020 (2020-03-27) entire document	1-14
A	CN 112440971 A (GREAT WALL MOTOR CO., LTD.) 05 March 2021 (2021-03-05) entire document	1-14
A	CN 115946688 A (ZOOMLION HEAVY INDUSTRY SCIENCE&TECHNOLOGY CO., LTD. et al.) 11 April 2023 (2023-04-11) entire document	1-14
A	CN 116118525 A (CHENGDU SAILISI TECHNOLOGY CO., LTD.) 16 May 2023 (2023-05-16) entire document	1-14
A	CN 110356248 A (WEICHAH POWER CO., LTD.) 22 October 2019 (2019-10-22) entire document	1-14
☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☒ See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "D" document cited by the applicant in the international application "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 05 January 2024		Date of mailing of the international search report 08 February 2024
Name and mailing address of the ISA/CN China National Intellectual Property Administration (ISA/CN) China No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao, Haidian District, Beijing 100088		Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2023/101480

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2021265935 A1 (DELTA ELECTRONICS, INC.) 26 August 2021 (2021-08-26) entire document	1-14
A	WO 2022088154 A1 (HUAWEI TECHNOLOGIES CO., LTD.) 05 May 2022 (2022-05-05) entire document	1-14

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2023/101480

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	112109711	A	22 December 2020	None			
CN	110920415	A	27 March 2020	None			
CN	112440971	A	05 March 2021	None			
CN	115946688	A	11 April 2023	None			
CN	116118525	A	16 May 2023	None			
CN	110356248	A	22 October 2019	None			
US	2021265935	A1	26 August 2021	US	11228268	B2	18 January 2022
WO	2022088154	A1	05 May 2022	EP	4227145	A1	16 August 2023

A. 主题的分类

B60W20/15(2016.01)i; B60W30/20(2006.01)i; B60L15/20(2006.01)i

按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类

B. 检索领域

检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)

B60W,B60L

包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献

在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称, 和使用的检索词(如使用))

CNKI,CNTEXT,ENTEXT;DWPI;过零, 扭矩, 补偿, zero w cross+,torque,compensat+

C. 相关文件

类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求
X	CN 112109711 A (恒大新能源汽车投资控股集团有限公司) 2020年12月22日 (2020 - 12 - 22) 说明书0032-0140段, 附图1-7	1-14
A	CN 110920415 A (华人运通(江苏)技术有限公司) 2020年3月27日 (2020 - 03 - 27) 全文	1-14
A	CN 112440971 A (长城汽车股份有限公司) 2021年3月5日 (2021 - 03 - 05) 全文	1-14
A	CN 115946688 A (长沙中联重科环境产业有限公司 等) 2023年4月11日 (2023 - 04 - 11) 全文	1-14
A	CN 116118525 A (成都赛力斯科技有限公司) 2023年5月16日 (2023 - 05 - 16) 全文	1-14
A	CN 110356248 A (潍柴动力股份有限公司) 2019年10月22日 (2019 - 10 - 22) 全文	1-14
A	US 2021265935 A1 (DELTA ELECTRONICS INC) 2021年8月26日 (2021 - 08 - 26) 全文	1-14

☒ 其余文件在C栏的续页中列出。

☒ 见同族专利附件。

* 引用文件的具体类型:

“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件

“D” 申请人在国际申请中引证的文件

“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利

“L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件(如具体说明的)

“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件

“p” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件

“T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件

“X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性

“Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性

“&” 同族专利的文件

国际检索实际完成的日期

2024年1月5日

国际检索报告邮寄日期

2024年2月8日

ISA/CN的名称和邮寄地址

中国国家知识产权局
中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088

授权官员

孙金凤

电话号码 (+86) 010-62089248

PCT/ISA/210 表(第2页) (2022年7月)

C. 相关文件		
类 型*	引用文件，必要时，指明相关段落	相关的权利要求
A	WO 2022088154 A1 (HUAWEI TECH CO LTD) 2022年5月5日 (2022 - 05 - 05) 全文	1-14

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号
PCT/CN2023/101480

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利			公布日 (年/月/日)
CN	112109711	A	2020年12月22日	无			
CN	110920415	A	2020年3月27日	无			
CN	112440971	A	2021年3月5日	无			
CN	115946688	A	2023年4月11日	无			
CN	116118525	A	2023年5月16日	无			
CN	110356248	A	2019年10月22日	无			
US	2021265935	A1	2021年8月26日	US	11228268	B2	2022年1月18日
WO	2022088154	A1	2022年5月5日	EP	4227145	A1	2023年8月16日