

(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
2022年7月7日 (07.07.2022)



(10) 国际公布号
WO 2022/142953 A1

(51) 国际专利分类号:
B60L 7/10 (2006.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2021/134236

(22) 国际申请日: 2021年11月30日 (30.11.2021)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:
202011577626.0 2020年12月28日 (28.12.2020) CN

(71) 申请人: 华为技术有限公司 (HUAWEI TECHNOLOGIES CO., LTD.) [CN/CN]; 中国广东省深圳市龙岗区坂田华为总部办公楼, Guangdong 518129 (CN)。

(72) 发明人: 侯茂生 (HOU, Maosheng); 中国广东省深圳市龙岗区坂田华为总部办公楼, Guangdong 518129 (CN)。 文敬斌 (WEN, Jingbin); 中国广东省深圳市龙岗区坂田华为总部办公楼, Guangdong 518129 (CN)。 刘生林 (LIU, Shenglin); 中国广东省深圳市龙岗区坂田华为总部办公楼, Guangdong 518129 (CN)。 王历 (WANG, Li); 中国广东省深圳市龙岗区坂田华为总部办公楼, Guangdong 518129 (CN)。

(74) 代理人: 北京华夏正合知识产权代理事务所 (普通合伙) (CHINA ZHENGHE INTELLECTUAL PROPERTY AGENCY); 中国北京市西城区西直门外大街1号院西环广场2号楼9层C7室, Beijing 100044 (CN)。

(54) Title: VEHICLE BRAKING CONTROL METHOD AND DEVICE, AND VEHICLE BRAKING SYSTEM

(54) 发明名称: 一种车辆制动控制方法、装置及车辆制动系统

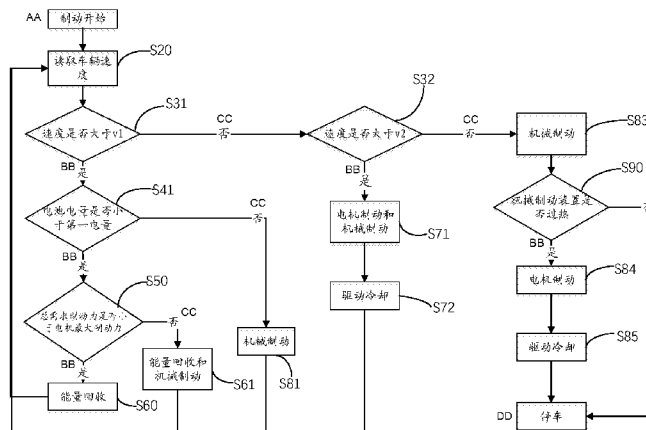


图4

- S20 Read a vehicle speed
- S31 Whether the speed is greater than v1
- S32 Whether the speed is greater than v2
- S41 Whether the battery level is lower than a first battery level
- S50 Whether the total desired braking force is smaller than the maximum motor braking force
- S60 Energy recovery
- S61 Energy recovery and mechanical braking
- S71 Motor braking and mechanical braking
- S72 Driving cooling
- S84 Motor braking
- S85 Driving cooling
- S81, S83 Mechanical braking
- S90 Whether a mechanical braking device is overheated
- AA Braking starts
- BB Yes
- CC No
- DD Park

(57) Abstract: A vehicle braking control method, comprising: obtaining a vehicle speed (S20); when the vehicle speed is greater than a first speed, executing energy recovery braking (S60); when the vehicle speed is smaller than the first speed and greater than a second speed, executing motor reverse braking and mechanical braking (S71), the braking force generated by the motor reverse braking and the braking force generated by the mechanical braking being superimposed; and when the vehicle speed is smaller than the second speed, executing mechanical braking (S83), and generating the braking force by the mechanical braking. Further disclosed is a braking control

WO 2022/142953 A1

(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, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, 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, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, 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, 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:

一 包括国际检索报告(条约第21条(3))。

device and a vehicle braking system. The braking control method and device achieve the combination of three braking modes of energy recovery braking, motor reverse braking, and mechanical braking, ensure the braking effect, reduce the electric energy consumed at a low speed, and avoid the occurrence of the problem of overheating or failure of a mechanical braking device caused by frequent braking when a vehicle is driving downhill for a long time or at a high speed.

(57) 摘要: 一种车辆制动控制方法, 包括: 获取车辆速度 (S20); 当车辆速度大于第一速度时, 执行能量回收制动 (S60); 当车辆速度小于第一速度并大于第二速度时, 执行电机反接制动和机械制动 (S71), 电机反接制动产生的制动力和机械制动产生的制动力叠加; 当车辆速度小于第二速度时, 执行机械制动 (S83), 由机械制动产生制动力。还公开了一种制动控制装置及车辆制动系统。该制动控制方法和装置实现了能量回收制动、电机反接制动、机械制动三种制动方式的结合, 保证制动效果、减少低速情况下消耗的电能, 避免车辆在长时间下坡或者高速行驶时频繁制动导致的机械制动装置过热或者失灵的问题的发生。

一种车辆制动控制方法、装置及车辆制动系统

5

技术领域

本申请涉及车辆制动领域，尤其涉及电动车辆的制动领域，具体涉及一种车辆制动控制方法、装置及车辆制动系统。

10 背景技术

在日常生活中，例如经常出现货车制动失灵导致的交通事故。货车制动失灵的原因通常有以下几种：1、严重超载；2、下坡时长时间制动以及高速状态下频繁制动等导致的制动轮毂过热从而导致机械制动装置出现热衰退；3、制动系统缺乏保养导致液压系统故障。因此如何避免因机械制动装置过热、液压系统出现故障而造成的交通事故成为业内亟需解决的问题。

15 发明内容

鉴于现有技术的以上问题，本申请实施例的目的在于提供一种车辆制动控制方法、装置及车辆制动系统，其能够根据不同的场景为车辆提供不同的制动方案，降低因制动失灵导致的交通事故发生的风险。

为达到上述目的，本申请第一方面，提供了一种车辆制动控制方法，包括获取车辆速度，其中，当车辆速度大于第一速度时，执行能量回收制动，通过电机发电回收能量，并对电池进行充电产生制动力；当车辆速度在小于第一速度并大于第二速度时，执行电机反接制动和机械制动，电机反接制动产生的制动力和机械制动产生的制动力叠加，电机产生的电能由电力消耗装置消耗；当车辆速度小于第二速度时，执行机械制动，由机械制动产生制动力。其中，电力消耗装置可以为电路中的电阻、用电器等，用电器例如可以为冷却装置。

通过采用上述方案，在高速下(大于第一速度时)能量回收能够保证能量回收效果，使车辆速度平稳降低；减少因长时间、频繁机械制动导致的制动轮毂过热而导致的机械制动失灵情况的发生。

在中速下(小于第一速度并大于第二速度时)，执行电机反接制动和机械制动，如此，使电机反接制动和机械制动互为备份，避免或者说抑制二者中一方出现故障等时无法提供充足的制动力的情况发生。

而且，在中速下，能量回收制动产生的制动力较小，因此有可能无法提供充足的制动力。而本申请利用电机反接制动来和机械制动组合，这与利用能量回收制动来和机械制动组合的方式相比，能够抑制无法提供充足的制动力的情况发生。

在一种可能的实现方式中，在执行机械制动中，在机械制动装置温度超过预定温度时，还执行电机反接制动，电机反接制动产生的制动力和机械制动产生的制动力叠加。

通过采用上述方案，在机械制动装置过热的情况下，接入电机反接制动，保证总制动力不变，避免机械制动装置因过热导致提供的制动力下降甚至制动失灵时车辆不能被有效制动，从而发生交通事故。

5 另外，在低速情况下(小于第二速度时)，在机械制动装置过热时才接入电机反接制动，与始终接入反接制动的情况相比，能够尽可能避免采用电机反接制动，降低耗能。

在一种可能的实现方式中，基于所述机械制动装置温度与机械制动装置的衬片的摩擦系数的对应关系，通过计算摩擦系数获取机械制动装置温度，所述摩擦系数通过以下方法获得：

10 根据车辆速度、车辆载重以及车轮半径三者的乘积获得制动总需求制动力矩；
根据电机转速、电机电压以及电机外特性曲线获得电机制动力矩；
根据所述总需求制动力矩与所述电机制动力矩的差获得机械制动力矩；
根据所述机械制动力矩与液压强、机械制动装置的衬片半径、机械制动装置的衬片面积获得机械制动装置的衬片的摩擦系数。

15 通过采用上述方案，解决了因机械制动装置难以安装温度传感器造成机械制动装置温度难以通过测量获得的问题。

在一种可能的实现方式中，当执行电机反接制动时，所述电机产生的电能用于驱动冷却单元执行对电机的冷却操作。

20 通过采用上述方案，使得在电机反接制动时，能够将电路中的电能用于驱动冷却单元，实现能量的再利用和电机的散热。

在一种可能的实现方式中，所述冷却操作包括：当收到制动指令时，根据获取的电机的电流，并根据所述电机的电流计算电机热功率；根据所述电机热功率控制冷却单元执行冷却操作。

25 通过采用上述方案，将电机的热功率作为判断电机是否过热的一项参数，避免了仅通过检测电机温度判断电机是否过热带来的滞后性问题，能够更精准地控制电机的温度。

在一种可能的实现方式中，所述冷却操作还包括，根据获取的电机温度控制冷却单元执行对电机的冷却操作。

30 通过采用上述方案，将电机的热功率和电机温度均作为判断电机是否过热的参数，避免了仅通过检测电机温度判断电机是否过热带来的滞后性问题，能够更精准地控制电机的温度。

在一种可能的实现方式中，在执行能量回收制动中，在总需求制动力大于能量回收所能提供的最大制动力时，还执行机械制动，机械制动产生的制动力与能量回收制动产生的制动力叠加。

35 通过采用上述方案，一方面能够保证能量回收的效率，另一方面能够避免车辆在执行能量回收时因制动力不足发生交通事故。

在一种可能的实现方式中，在机械制动和电机反接制动时，初始时所述电机反接制动的制动力大于机械制动的制动力，且电机反接制动的制动力随速度的减小而减小，所述机械制动的制动力随速度的减小而增大。

在一种可能的实现方式中，在所述电池电量小于第一电量时，执行能量回收制动。通过采用上述方案，能够避免电池过充现象的发生。

在一种可能的实现方式中，所述车辆为电动卡车。

本申请第二方面提供了一种车辆制动控制装置，包括：速度获取模块，用于获取
5 车辆速度，车辆制动控制模块，所述车辆制动控制模块用于根据车辆速度控制车辆执行制动，其中，当车辆速度大于第一速度时，执行能量回收制动，通过电机发电回收能量，并对电池进行充电产生制动力；当车辆速度小于第一速度并大于第二速度时，执行包含电机反接制动和机械制动，电机反接制动产生的制动力和机械制动产生的制动力叠加，电机产生的电能由电力消耗装置消耗；当车辆速度小于第二速度时，执行
10 至少包含机械制动，由机械制动产生制动力。

在一种可能的实现方式中，在机械制动中，在机械制动装置温度超过预定温度时，还执行电机反接制动，电机反接制动产生的制动力和机械制动产生的制动力叠加。

在一种可能的实现方式中，在电机反接制动产生的制动力和机械制动产生的制动力叠加时，所述电机反接制动的制动力随速度的减小而增大，所述机械制动的制动力
15 随速度的减小而减小。

在一种可能的实现方式中，基于所述机械制动装置温度与机械制动装置的衬片的摩擦系数的对应关系，通过计算摩擦系数获取机械制动装置温度，所述摩擦系数通过以下方法获得：

根据车辆速度、车辆载重以及车轮半径三者的乘积获得制动总需求制动力矩；
20 根据电机转速、电机电压以及电机外特性曲线获得电机制动力矩；
根据所述总需求制动力矩与所述电机制动力矩的差获得机械制动力矩；
根据所述机械制动力矩与液压强、机械制动装置的衬片半径、机械制动装置的衬片面积获得机械制动装置的衬片的摩擦系数。

在一种可能的实现方式中，当执行电机反接制动时，所述电机产生的电能用于驱
25 动冷却单元执行对电机的冷却操作。

在一种可能的实现方式中，所述冷却操作包括：

当收到制动指令时，根据获取的电机的电流，并根据所述电机的电流计算电机热
功率；

根据所述电机热功率控制冷却单元执行冷却操作。

在一种可能的实现方式中，所述冷却操作还包括，根据获取的电机温度控制冷却
30 单元执行对电机的冷却操作。

在一种可能的实现方式中，在执行能量回收制动中，在总需求制动力大于能量回收制动所能提供的最大制动力时，还执行机械制动，机械制动产生的制动力与能量回收制动产生的制动力叠加。

在一种可能的实现方式中，在执行机械制动和电机反接制动中，初始时所述电机反接制动的制动力大于机械制动的制动力，且电机反接制动的制动力随速度的减小而减小，所述机械制动的制动力随速度的减小而增大。

在一种可能的实现方式中，在所述电池电量小于第一电量时，执行能量回收制动。

在一种可能的实现方式中，所述车辆为电动卡车。

对于本申请第二方面提供的车辆制动控制装置的优点和效果与本申请第一方面提高的车辆制动控制方法及其可能的实现方式相同，在此不再赘述。

本申请第三方面提供了一种车辆制动系统，包括：电机、机械制动装置、电池、车辆制动控制装置、车辆速度获取装置以及多个控制开关，其中，所述车辆制动控制装置用于根据实时获取的车辆速度控制控制开关的连通和断开从而调整制动方案，其中，当车辆速度大于第一速度时，执行能量回收制动，车辆速度控制开关位于第一速度限位、能量回收开关位于第一能量回收限位、制动开关连通，所述电机与所述电池构成串联回路，通过电机发电回收能量，并对电池进行充电产生制动力；当车辆速度小于第一速度并大于第二速度时，执行电机反接制动和机械制动，车辆速度控制开关位于第二速度限位、能量回收开关位于第二能量回收限位、制动开关断开、制动力补充开关连通，所述电机与所述电池构成串联回路，所述机械制动装置与所述电机构成并联回路，电机反接制动产生的制动力和机械制动产生的制动力叠加，电机产生的电能由电力消耗装置消耗；当车辆速度小于第二速度时，车辆速度控制开关位于第三速度限位，所述机械制动装置与所述电池构成串联回路，执行机械制动，由机械制动产生制动力。

在一种可能的实现方式中，还包括机械制动装置温度控制开关，在机械制动装置温度超过预定温度时，还执行电机反接制动，所述机械制动装置温度控制开关连通，所述机械制动装置还与所述电机构成并联回路，电机反接制动产生的制动力和机械制动产生的制动力叠加。

在一种可能的实现方式中，在在电机反接制动产生的制动力和机械制动产生的制动力叠加时，所述电机反接制动的制动力随速度的减小而增大，所述机械制动的制动力随速度的减小而减小。

在一种可能的实现方式中，基于所述机械制动装置温度与机械制动装置的衬片的摩擦系数的对应关系，通过计算摩擦系数获取机械制动装置温度，所述摩擦系数通过以下方法获得：

根据车辆速度、车辆载重以及车轮半径三者的乘积获得制动总需求制动力矩；
根据电机的转速、电机的电压以及电机外特性曲线获得电机的制动力矩；
根据所述总需求制动力矩与所述电机制动力矩的差获得机械制动力矩；
根据所述机械制动力矩与液压强、机械制动装置的衬片半径、机械制动装置的衬片面积获得机械制动装置的衬片的摩擦系数。

在一种可能的实现方式中，还包括冷却装置，当执行电机反接制动时，所述电机和所述冷却装置构成串联回路，所述电机产生的电能用于驱动冷却单元执行对电机的冷却操作。

在一种可能的实现方式中，还包括：电机控制装置，用于当收到制动指令时，获取的电机的电流，车辆制动控制装置根据电机的电流计算电机热功率，所述冷却控制装置根据所述电机热功率控制冷却单元执行对所述电机的冷却操作。

在一种可能的实现方式中，还包括：温度传感器，用于获取电机的温度；冷却控制装置，用于根据所述温度控制所述冷却装置执行对所述电机的冷却操作。

在一种可能的实现方式中，在总需求制动力大于能量回收制动所能提供的最大制

动力时，还执行机械制动，所述制动力补充开关连通，所述电机还与所述机械制动装置构成并联回路，机械制动产生的制动力与能量回收制动产生的制动力叠加。

在一种可能的实现方式中，在执行电机反接制动和机械制动时，初始时所述电机反接制动的制动力大于机械制动的制动力，且电机反接制动的制动力随速度的减小而减小，所述机械制动的制动力随速度的减小而增大。

在一种可能的实现方式中，其特征在于，当电池电量大于第一电量时，执行机械制动，所述电池电量控制开关位于第二电量限位，电池与机械制动装置构成串联回路。

在一种可能的实现方式中，所述车辆为电动卡车。

对于本申请第三方面提供的车辆制动系统的优点和效果与本申请第一方面提高的车辆制动控制方法及其可能的实现方式相同，在此不再赘述。

本申请第四方面提供一种计算设备，包括：总线；通信接口，其与所述总线连接；至少一个处理器，其与所述总线连接；以及至少一个存储器，其与所述总线连接并存储有程序指令，所述程序指令当被所述至少一个处理器执行时使得所述至少一个处理器执行上述第一方面及其可能的实现方式提供的方法中的任一方法。

本申请第五方面提供一种计算机可读存储介质，其上存储有程序指令，所述程序指令当被计算机执行时使得所述计算机执行上述第一方面及其可能的实现方式所提供的方法中的任一方法。

本申请第六方面提供一种计算机程序，计算机通过运行该程序能够执行上述第一方面及其可能的实现方式所提供的方法中的任一方法，或者作为第二方面及其可能的实现方式所提供的装置中的任一装置发挥作用。

本申请的这些和其它方面在以下（多个）实施例的描述中会更加简明易懂。

附图说明

以下参照附图来进一步说明本申请的各个特征和各个特征之间的联系。附图均为示例性的，一些特征并不以实际比例示出，并且一些附图中可能省略了本申请所涉及领域的惯常的且对于本申请非必要的特征，或是额外示出了对于本申请非必要的特征，附图所示的各个特征的组合并不用以限制本申请。另外，在本说明书全文中，相同的附图标记所指代的内容也是相同的。具体的附图说明如下：

图 1 是本申请实施例提供的车辆制动系统的结构示意图；

图 2 是本申请实施例提供的用于对电机进行冷却的冷却系统的结构示意图；

图 3 是本申请实施例提供的车辆制动控制方法的流程图；

图 4 是本申请实施例提供的车辆制动方法的流程图；

图 5a-图 5f 是车辆执行制动时，电机制动力和机械制动力随时间变化的示意图；

图 6a-图 6d 是车辆制定制动到停止这段时间内，电机制动力和机械制动力随时间变化的示意图；

图 7 是本申请实施例提供的电机冷却控制方法的流程图；

图 8a-图 8g 是本申请实施例提供的车辆制动系统的控制电路原理图；

图 9 是本申请一些实施例提供的一种计算设备的结构性示意图。

附图标记说明

制动踏板控制开关 1; 能量回收开关 2; 速度传感器控制开关 3; 机械制动装置过热开关 4; 制动力补充开关 5; 电池电量控制开关 6; 制动开关 7; 二极管 8; A/D 转换器 9; 传感器 10; 速度传感器 11; 液压强传感器 12; 角度传感器 13; 载重传感器 14; 温度传感器 15; 车辆制动控制装置 20; 计算模块 21; 制动分配模块 22; 电机控制装置 30; 机械制动控制装置 40; 电机 50; 机械制动装置 60; 告警装置 70; 冷却控制装置 80; 冷却装置 90; 车辆制动系统 100; 冷却系统 110; 电池 120; 计算设备 1500; 处理器 1510; 存储器 1520; 通信接口 1530; 总线 1540。

具体实施方式

下面结合实施方式中的附图, 对本申请的具体实施方式所涉及的技术方案进行描述。在对技术方案的具体内容进行描述前, 先简单说明一下本申请中所使用的术语。

说明书和权利要求书中的词语“第一、第二、第三等”或模块 A、模块 B、模块 C 等类似用语, 仅用于区别类似的对象, 不代表针对对象的特定排序, 可以理解地, 在允许的情况下可以互换特定的顺序或先后次序, 以使这里描述的本申请实施例能够以除了在这里图示或描述的以外的顺序实施。

说明书和权利要求书中使用的术语“包括”不应解释为限制于其后列出的内容; 它不排除其它的元件或步骤。因此, 其应当诠释为指定所提到的所述特征、整体、步骤或部件的存在, 但并不排除存在或添加一个或更多其它特征、整体、步骤或部件及其组群。因此, 表述“包括装置 A 和 B 的设备”不应局限为仅由部件 A 和 B 组成的设备。

本说明书中提到的“一个实施例”或“实施例”意味着与该实施例结合描述的特定特征、结构或特性包括在本申请的至少一个实施例中。因此, 在本说明书各处出现的用语“在一个实施例中”或“在实施例中”并不一定都指同一实施例, 但可以指同一实施例。此外, 在一个或多个实施例中, 能够以任何适当的方式组合各特定特征、结构或特性, 如从本公开对本领域的普通技术人员显而易见的那样。

除非另有定义, 本文所使用的所有的技术和科学术语与属于本申请的技术领域的技术人员通常理解的含义相同。如有不一致, 以本说明书中所说明的含义或者根据本说明书中记载的内容得出的含义为准。另外, 本文中所使用的术语只是为了描述本申请实施例的目的, 不是旨在限制本申请。

机械制动 (Mechanical Braking) 也称刹车, 是指用机械装置使运行中的机车、车辆及其他运输工具或机械等停止或降低速度的动作。常用的车辆的机械制动方式分为: 鼓式刹车和盘式刹车, 大型的卡车一般以鼓式刹车为主。机械制动装置通常由制动马达驱动液压机构从而驱动制动器与车轮摩擦产生制动力。

制动能量回收 (Braking Energy Recovery), 以下称为能量回收, 其通常应用于车辆或者轨道交通中, 是指车辆在滑行或制动的工况下, 电机转动产生的反向电动势能高于驱动电机的电压, 从而对电池充电的操作。

电机反接制动 (Motor Reverse Braking), 是指通过电机转子上的反向转矩使电机快速制动的操作。电机反接制动的反向转矩是通过改变旋转磁场的方向(将两相定子绕组接线交换) 实现的。

叠加式再生制动系统 (Regenerative Braking System), 以下称为 RBS, 其工作原理是: 驾驶员踩下制动踏板后, 与制动踏板接耦的机械制动装置执行制动操作, 与此同时电机反接产生的制动力作为辅助叠加在机械制动力上辅助制动。

5 协作式再生制动系统 (Cooperative Regenerative Braking System), 以下称为 CRBS, 其工作原理是: 驾驶员踩下制动踏板后, 传感器获取当前制动踏板的下踩角度, 控制装置根据角速度判断驾驶员的制动需求, 并根据制动踏板的下踩角度和车辆速度计算车辆所需的制动力, 然后由电机反接制动作为主要的制动源进行制动操作。当电机反接制动产生的制动力不足时, 机械制动作为电机反接制动的补偿。

10 车身电子稳定程序 (Electronic Stability Program), 以下称为 ESP, 其工作原理是: 对从各传感器传来的车辆行驶状态信息进行分析和计算, 然后向车辆的各控制器等发出指令, 从而维持车辆的动态平衡。

相关技术一:

15 目前, 采用液力缓速装置来辅助车辆进行制动。液力缓速装置包括作为定子的壳体以及位于壳体内的转子。转子和定子上均设置有叶片。所述壳体与车辆变速装置的后端或车架连接, 所述转子通过空心轴与车辆的传动轴连接。工作时, 转子相对于壳体转动, 利用液体阻尼产生缓速。借助于控制阀的操纵向油池施加压力, 使工作液充入转子和定子之间的工作腔内。转子旋转时通过工作液对定子作用一个转矩, 而定子的反转矩即成为转子的制动转矩。转矩的大小取决于工作腔内的液体的容量和压力(视控制阀调定的制动强度档位而定), 以及转子的转速。车辆动能通过转子与工作液的摩擦和转子对定子的冲击而转换为热能, 进而使工作液温度升高。工作液被引入热交换装置中循环流动, 将热传给冷却水, 再通过发动机冷却系统散出。

20 液力缓速装置的转子与车辆的传动轴之间的接合和分离会产生较长时间的滞后, 在车辆行驶但缓速装置不工作时, 转子会随转动轴旋转, 这样会消耗一定功率; 其结构复杂; 成本较高, 安装液力缓速装置产生的费用昂贵。

25 相关技术二:

采用 RBS 或 CRBS 执行制动操作。在 RBS 中, 制动踏板和机械制动机构是接耦的, 在一个制动过程中, 只要踩下制动踏板, 机械制动装置就会制动, 而电机反接制动仅是叠加在机械制动上, 因此电机反接制动并非作为主要的制动源提供制动力。

30 CRBS 的侧重点在于能量回收, 制动是能量回收的附加收益。在车辆速度较大的时候电机回收的能量能产生较大的制动力, 但在车辆速度较小时, 电机回收的能量产生的制动较小, 无法满足制动的要求。另外, 在机械制动装置过热或者故障时, CRBS 也无法提供可靠的制动保证。

35 鉴于相关技术的以上问题, 本申请提供了一种车辆制动控制方法、装置及车辆制动系统。根据车辆速度和车辆状态在能量回收、电机反接制动、机械制动三种制动方案下进行选择, 实现了在车辆在高速情况下制动时主要执行能量回收, 在中速情况下制动时同时执行电机反接制动和机械制动, 以及在低速情况下制动时主要执行机械制动。其中, 本申请的制动系统、制动方法以及制动装置应用于电动车辆、混合动力车辆的制动中, 例如应用于大型电动卡车的制动中。

下面参照附图, 对本申请的实施方式详细地进行说明。

第一实施方式：车辆制动系统

本申请的第一实施方式涉及一种车辆制动系统。所述车辆制动系统的应用主体为大型电动卡车的制动中。

图 1 是本申请实施例提供的一种车辆制动系统 100 的结构示意图。所述车辆制动系统 100 包括：传感器 10、车辆制动控制装置 20、电机控制装置 30、机械制动控制装置 40、电机 50、机械制动装置 60 与告警装置 70。

在本申请的实施方式中，电机 50 能够驱动车辆行驶的直流电机。

传感器 10 包括用于检测车辆速度的速度传感器 11、用于检测机械制动装置的液压强的液压强传感器 12、用于检测制动踏板下踩的角度的角度传感器 13、以及用于检测车辆载重的载重传感器 14。

车辆制动控制装置 20 能够获取所述传感器 10 的数据，并对所述数据进行分析 and 计算。所述车辆制动控制装置 20 包括车辆制动控制模块，所述车辆制动控制模块可以包括计算模块 21 和制动分配模块 22。所述计算模块 21 获取所述传感器 10 的数据并对所述数据进行分析 and 计算，从而制定相应的制动方案和制动力。所述计算模块 21 对数据的分析包括：在需要制动时获取车辆速度并根据所述速度制定制动方案。所述计算模块 21 对数据的计算包括：通过制动踏板角度传感器 13 获取的制动踏板的踩下角度计算出角加速度；依据所述踩下角度和角加速度计算出当前车辆总需求制动力；电机的实时电功率；以及计算机械制动装置的摩擦系数。所述制动分配模块 22 用于根据计算模块 21 计算的总需求制动力并结合制动方案来分配机械制动力和/或电机制动力。其中，所述车辆制动控制装置 20 可以通过软件、硬件或者软硬件结合的方式实现，还可以是电子设备的部分或全部。在一些实施例中，所述车辆制动控制装置 20 可以为 ESP 车身电子稳定程序、ESC（Electronic Stability Control）电子稳定控制装置、VSC（Vehicle Stability Control）车身稳定控制装置、VSA（Vehicle Stability Assist）车身稳定辅助装置、DSC（Dynamic Stability Control）动态稳定控制装置等。

机械制动控制装置 40 用于控制机械制动装置 60 运行。电机控制装置 30 用于控制电机 50 运行。其中，机械制动控制装置 40 和电机控制装置 30 接收制动分配模块输出的制动力指令，并根据制动力指令控制电机 50 和机械制动装置 60 执行相应的制动操作。

告警装置 70 用于当机械制动装置 60 出现故障或者过热等情况时，对用户提出告警。

另外，车辆制动系统 100 还包括用于对车辆进行冷却的冷却系统 110。下面结合图 2 对所述冷却系统 110 进行说明。

图 2 是本申请实施例提供的用于对电机进行冷却的冷却系统 110 的结构示意图。

所述冷却系统 110 可以包括温度传感器 15、冷却控制装置 80 以及冷却装置 90。所述温度传感器 15 用于获取电机 50 的温度；冷却控制装置 80 与温度传感器 15 连接，用于根据所述电机 50 的温度控制冷却装置 90 对电机进行冷却。所述冷却控制装置 80 还与电机控制装置 30 连接，所述电机控制装置 30 用于获取电机 50 的实时电流，计算模块 21 根据所述电机 50 的实时电流计算所述电机 50 的实时热功率。所述冷却控制装置 80 根据所述电机 50 的实时温度和所述电机 50 的实时热功率，来控制冷却装

置 90 执行冷却操作。其中，所述冷却装置 90 可以包括由电力驱动的冷却泵。

在现有技术中，通过温度传感器检测电机温度有一定的滞后性。对此，发明人在经过创造性劳动后，在传统的温度调节的方案上增加了实时读取电机的电流以计算电机的实时热功率的操作，并将电机的实时热功率作为一项输入提供给冷却控制装置。

5 相比于现有技术，本申请能够根据电机实时热功率判断电机是否过热，提高冷却装置的效率，实现更精准的电机温度控制。

下面结合图 3、图 4 以及图 7 对本申请实施例提供的车辆制动系统 100 各部件的工作方式进行介绍。

图 3 示出了本申请实施例提供的车辆制动控制系统的工作流程。

10 在驾驶员踩下制动踏板时，制动踏板角度传感器 13 获取制动踏板的下踩角度，同时速度传感器 11 获取车辆速度。

车辆制动控制装置 20 根据获取车辆速度以及下踩角度执行以下处理：

15 根据获取的车辆速度确定制动方案、根据制动踏板的下踩角度计算角加速度，根据所述角加速度和角度计算车辆当前总需求制动力。根据制动方案和总需求制动力分配机械制动力和电机制动力，并将生成的机械制动力指令和电机制动力指令输入至机械制动控制装置和电机反接制动控制装置。

机械制动控制装置 40 和电机反接制动控制装置 50 根据收到的机械制动力指令和所述电机制动力指令相应的控制机械制动装置 60 和电机 50 执行制动，从而降低车辆速度。

20 在执行制动的过程中，随着制动操作的进行，车辆速度会不断变化（一般是逐渐降低）。因此，车辆制动控制装置 20 会根据车辆速度不断调整制动方案以及机械制动力和电机制动力。如图 3 所示，速度传感器 11 不断获取当前车辆速度，并将当前车辆的速度反馈给车辆制动控制装置 20。车辆制动控制装置 20 根据当前车辆速度计算出当前车辆加速度，结合制动踏板的下踩的角度和角加速度调整制动力的分配，从而

25 实现制动力的动态调整。液压强传感器 12 会不断获取当前机械制动装置中的液压强，并将机械制动装置的当前液压强反馈给车辆制动控制装置 20。其中，机械制动装置 60 产生的制动力与当前机械制动装置中对液压力成正比（参数为 K），车辆制动控制装置 20 经过计算，将生成的机械制动力指令再次更新然后输入至机械制动控制装置，从而实现对机械制动力 30 的动态调整。通过速度传感器 11 和液压强传感器 12 实时反馈车辆的速度和液压强，实现了车辆制动系统的闭环控制，从而车辆能够根据车辆速度执行不同的制动方案，提高制动的可靠性。

图 4 示出了本申请实施例提供的车辆制动控制装置根据车辆速度控制车辆执行制动方案的控制流程。

35 在本申请的实施例中，“能量回收和机械制动”指车辆同时执行能量回收制动和机械制动；“电机反接叠加机械制动”指车辆同时执行电机反接制动和机械制动。

当车辆驾驶员踩下制动踏板时，车辆制动开始，车辆制动控制装置执行步骤 S20，读取速度传感器采集的车辆速度。

步骤 S31：判断车辆速度是否大于第一速度 v1。

如果车辆速度大于第一速度 v_1 ，则执行步骤 S41：判断电池电量是否小于第一电量。

如果电池电量大于第一电量，则认为电池电量充足，无法执行能量回收制动，此时，执行步骤 S81：车辆制动控制装置控制车辆执行机械制动。

5 如果电池电量小于第一电量，则执行步骤 S50：判断车辆总需求制动力是否小于电机所能提供的最大制动力。

如果车辆总需求制动力小于电机所能提供的最大制动力，则执行步骤 S60：车辆制动控制装置控制车辆执行能量回收制动，通过电机发电回收能量，并对电池进行充电。

10 如果车辆总需求制动力大于电机所能提供的最大制动力，则执行步骤 S61：车辆制动控制装置控制车辆执行能量回收制动和机械制动，机械制动产生的制动力与能量回收制动产生的制动力叠加。

如果车辆速度小于第一速度 v_1 ，则执行步骤 S32：判断车辆速度是否大于第二速度 v_2 。

15 如果车辆速度大于第二速度 v_2 ，则执行步骤 S71：车辆控制装置控制车辆执行电机反接制动和机械制动。在电机反接制动的情况下，执行步骤 S72：电机反接制动产生的电能用于驱动冷却装置对电机进行冷却。

如果车辆速度小于第二速度 v_2 ，则执行步骤 S83：车辆制动控制装置控制车辆执行机械制动。在执行步骤 S83 后，还执行步骤 S90：判断机械制动装置是否过热。

20 如果机械制动装置不过热，则继续执行步骤 S83，车辆执行机械制动直至车辆停止。如果机械制动装置过热，则执行步骤 S84：车辆控制装置控制车辆执行机械制动和电机反接制动。在电机反接制动的情况下，执行步骤 S85：电机反接制动产生的电能用于驱动冷却装置对电机进行冷却，车辆执行电机制动和机械制动直至车辆停止。

25 由于机械制动装置的结构较为紧凑，在机械制动装置上安装温度传感器较为困难，因此机械制动装置的温度难以通过机械温度传感器测量而直接获得。基于所述机械制动装置温度与机械制动装置的衬片的摩擦系数的对应关系，车辆制动控制装置的计算模块通过计算摩擦系数来获得机械制动装置温度。所述摩擦系数通过以下方法获得：

30 通过速度传感器 11 获取车辆速度、通过载重传感器 14 获取车辆载重以及通过液压强传感器 12 获取当前机械制动液压强大小。

车辆制动控制装置 20 根据以下公式计算实际制动力矩 T ：

$$T=(m_1+m_2)\cdot(d_v/d_t)\cdot R \quad \text{公式(1)}$$

其中， T 为实际制动力矩， m_1 为车辆载重， m_2 为车辆自重， d_v/d_t 为车辆加速度， R 为车轮半径。

35 实际制动力矩包括机械制动力矩 T_1 和电机制动力矩 T_2 。其中电机制动力矩 T_2 通过电机转速、电机电压以及电机外特性曲线计算出来。机械制动力矩 T_1 可通过实际制动力矩 T 与电机制动力矩 T_2 的差计算的出。

根据机械制动力矩 T_1 通过以下公式计算出当前机械制动装置的衬片的摩擦系数：

$$u = \frac{T1}{P \cdot S \cdot r} \quad \text{公式(2)}$$

其中， u 为机械制动装置的衬片的摩擦系数， P 为液压强， r 为机械制动装置的衬片的半径， S 为机械制动装置的衬片的面积。当摩擦系数超过第一阈值时，即可判定机械制动装置温度超过预定温度，机械制动装置过热，其中，当机械制动装置的衬片的摩擦系数小于0.2~0.3时可判断机械制动装置的温度超过预定温度，机械制动装置过热。

图7示出了本申请实施例提供的冷却系统的工作流程。

当驾驶员踩下制动踏板时，电机控制装置30读取电机50的实时电流，车辆制动控制装置的计算模块并据所述电机50的实时电流计算电机的实时热功率。

10 电机温度传感器15获取电机温度。

冷却控制装置获取所述电机50实时热功率和电机温度，并根据所述电机50热功率和/或所述电机50温度判断电机是否过热。当电机温度超过目标温度、或电机热功率超过目标热功率时，冷却控制装置控制冷却装置90对所述电机进行冷却。

15 在现有技术中，通常通过电机的温度传感器15来检测的电机的温度，然后将电机的温度反馈至冷却控制装置来控制对电机的冷却。但这一过程有一定的滞后性。通过电机控制装置30获取电机50的实时电流，通过计算模块根据所述实时电流来计算电机的实时热功率，能够更快地将电机热状态反馈给冷却控制装置80，进而控制冷却装置进行冷却。通过这样的方式，提高了电机的冷却效率，并且更精准地控制了电机的温度。

20 第二实施方式：车辆制动控制方法

本申请的第二实施方式涉及一种车辆制动控制方法。其通过控制本申请第一实施方式的车辆制动系统的各个部件来实现车辆的制动。所述车辆制动控制方法的执行主体是本申请第一实施方式提供的车辆制动系统。

25 下面结合附图，对本申请的实施例的制动控制方法进行说明。本实施例的车辆制动方法的执行主体是本申请第一实施方式提供的车辆制动系统。

图4是本申请实施例提供的车辆制动控制方法的示意流程图。

在车辆驾驶员踩下制动踏板时，制动踏板角度传感器获取制动踏板的下踩角度，速度传感器获取车辆速度。车辆开始制动，车辆制动控制装置执行步骤S20，读取车辆速度。

30 执行步骤S31：判断车辆速度是否大于第一速度 $v1$ 。

当车辆速度大于第一速度 $v1$ 时，执行步骤S41：电池电量是否小于第一电量。

当电池电量小于第一电量时，执行步骤S50，判断车辆的总需求制动力是否小于电机所能提供的最大制动力，如果是，则执行步骤S60：车辆制动控制装置控制车辆执行能量回收制动。

35 图5a示出了在车辆执行能量回收制动时，电机制动力随时间变化的示意图，其中，机械制动装置不参与制动，电机制动力为车辆制动控制装置计算出的车辆的总需求制动力，且电机制动力随时间保持恒定。

如果车辆的总需求制动力大于电机所能提供的最大制动力，则执行步骤S61：车

辆控制装置控制车辆同时执行能量回收和机械制动。

图 5b 示出了车辆在同时执行能量回收制动和机械制动时，电机制动力和机械制动力随时间变化的坐标示意图，其中，电机制动力大于机械制动力，机械制动力为车辆制动控制装置计算出的车辆所需的制动力与电机所能提供的最大制动力的差，所述电机制动力和机械制动力随时间保持恒定。

当电池电量大于第一电量时，执行步骤 S81：车辆制动控制装置控制车辆执行机械制动。

其中，通过制动踏板下踩的角度能够计算车辆的总需求制动力为 T 。通过制动踏板下踩的角加速度能够判定是否是紧急制动，其中，当角加速度大于 10rad/s^2 时，可以判定车辆处于紧急制动状态。当车辆处于紧急制动状态时，总需求制动力可以为 $1.3T$ 。所述第一速度可以为 $20\sim 40\text{km/h}$ 。

当车辆速度小于第一速度 v_1 时，执行步骤 S32：判断车辆速度是否大于第二速度 v_2 。

如果车辆速度大于第二速度 v_2 ，则执行步骤 S71：车辆制动控制装置控制车辆同时执行电机反接制动和机械制动，并且，在执行电机反接制动时，执行步骤 S72：电机反接制动产生的电能用于驱动车辆进行冷却。

图 5c 和 5d 示出了当车辆同时执行电机反接制动和机械制动时，电机制动力和机械制动力随时间变化的坐标示意图。当总需求制动力小于电机所能提供的最大制动力时（图 5c），同时执行机械制动和电机反接制动，并且车辆制动控制装置根据车辆速度调整机械制动力和电机制动力。电机制动力在开始时大于机械制动力，随着时间变化，车辆速度逐渐降低，电机制动力逐渐减小至退出，机械制动力逐渐增大。当总需求制动力大于电机所能提供的最大制动力时（图 5d），同时执行电机反接制动和机械制动，电机制动力在开始时大于机械制动力，随着时间变化，车辆速度逐渐降低，电机制动力逐渐减小至退出，机械制动的制动力逐渐增大。

其中，所述第二速度可以为 $10\sim 15\text{km/h}$ ，在执行电机反接制动时，所述电机产生的电能能够用于驱动车辆进行冷却，进而实现能量的再利用和电机的散热。

如果车辆速度小于第二速度 v_2 ，则执行步骤 S83：车辆制动控制装置仅控制车辆执行机械制动。

图 5e 示出了当车辆执行机械制动时，机械制动力随时间变化的坐标示意图，其中，所述机械制动力恒定不变。

在执行步骤 S83 后，还执行步骤 S90：判断机械制动装置是否过热。

当机械制动装置过热时，执行步骤 S84：车辆制动控制装置控制车辆在机械制动的基础上执行电机反接制动。并且，在执行电机反接制动时，执行步骤 S85：电机反接制动产生的电能用于驱动车辆进行冷却。

图 5f 示出了当车辆同时执行电机反接制动和机械制动时，机械制动装置过热且电机反接制动可用情况下，电机制动力和机械制动力随时间变化的坐标示意图。此时，电机制动力逐渐增大，机械制动逐渐减小。

以上为车辆在不同速度下制动所采用的制动方案。随着车辆速度的降低，制动方案可能发生变化，同时，在各制动方案中，所需的机械制动力和电机制动力占总需求

制动力的比例也可能进行相应的变化。

下面参照图 6a-6d，结合不同场景对车辆从大于第一速度的情况下制动至车辆停止这一过程中制动方案、机械制动力和电机制动力的变化进行说明。

5 场景一：车辆的总需求制动力小于电机所能提供的最大制动力、机械制动装置运行正常。图 6c 示出了车辆在大于第一速度的情况下执行制动到车辆完全停止时机械制动力和电机制动力随时间变化的情况。车辆从踩下制动踏板到车辆完全停止（即 t_0 - t_3 这段时间内）先后执行能量回收制动、机械制动加电机反接制动以及机械制动。在 t_0 时刻，车执行能量回收制动。随着能量回收的进行，车辆速度不断减小，直至在 t_1 时刻，车辆的速度从大于第一速度降低为小于第一速度并大于第二速度，此时车辆
10 制动控制装置控制车辆执行机械制动和电机反接制动，并根据液压强传感器获取机械制动装置的液压强以及根据车辆速度计算出的车辆减速度调整机械制动力和电机制动力。即随着车辆速度的降低，机械制动力逐渐增大，电机制动力逐渐减小。随着机械制动加电机反接制动的进行，车辆速度不断减小，直至在 t_2 时刻，车辆速度小于第二速度，此时车辆制动控制装置控制车辆执行机械制动，直至车辆停止（ t_3 时刻）。

15 场景二：车辆的总需求制动力小于电机所能提供的最大制动力、机械制动装置过热

在下面的说明中，对于场景二中与场景一同样的处理，引用场景一的内容进行说明，或仅进行简要说明。

20 如图 6a 所示，在车辆速度从大于第一速度降低为第二速度这段时间内（即 t_0 - t_2 这一时间段内），车辆采用的与场景一相同的制动方案，即先执行能量回收制动然后执行机械制动加电机反接制动。从 t_2 时刻之后，车辆速度小于第二速度，由于机械制动装置过热，车辆在 t_2 时刻之后执行机械制动和电机反接制动，并且机械制动力随时间的变化逐渐降低，电机制动力随时间的变化逐渐升高，直至在 t_3 时刻，车辆停止。

25 场景三：车辆的总需求制动力大于电机所能提供的最大制动力、机械制动装置运行正常。

在下面的说明中，对于场景三中与场景一同样的处理，引用场景一的内容进行说明，或仅进行简要说明。

30 图 6d 示出了车辆在大于第一速度的情况下执行制动到车辆完全停止时机械制动力和电机制动力随时间变化的情况。车辆先后执行能量回收加机械制动、机械制动加电机反接制动以及机械制动，直至车辆停止。在 t_0 时刻时，车辆速度大于第一速度，车辆的总需求制动力大于电机所能提供的最大制动力，车辆执行能量回收加机械制动，并且机械制动力为车辆所需制动力与电机所能提供的最大制动力的差。在 t_1 时刻，车辆速度小于第一速度并大于第二速度，车辆执行机械制动加电机反接制动。在 t_2 时刻，车辆速度小于第二速度，车辆执行机械制动，直至车辆停止。

35 场景四、车辆的总需求制动力大于电机所能提供的最大制动力、机械制动装置过热

场景四与场景三的不同之处在于，车辆的机械制动装置出现了过热的情况。如图 6b 所示在车辆速度从大于第一速度降低为第二速度这段时间内（即 t_0 - t_2 这一时间段内），车辆采用的与场景三相同的制动方案，即先执行能量回收加机械制动然后执

行机械制动加电机反接制动。从 t_2 时刻之后，车辆速度小于第二速度，由于机械制动装置过热，车辆执行机械制动和电机反接制动，并且机械制动力逐渐降低，电机制动力逐渐升高，直至在 t_4 时刻，车辆停止。

通过在高速情况下执行能量回收制动，能够增加能量回收效率；在中速（小于第一速度并大于第二速度）情况下采用电机反接叠加机械制动，保证制动效果；以及在低速（在小于第二速度）情况下采用机械制动，减少制动消耗的电能，同时避免车辆在长时间下坡或者高速行驶时频繁制动导致的机械制动装置过热或者失灵的问题的发生。

通过利用机械制动装置的衬片的摩擦系数来判断机械制动装置是否过热，解决了因机械制动装置无法安装温度传感器造成机械制动温度无法通过测量获得的问题。

第三实施方式：车辆制动系统

本申请第三实施方式提供了一种车辆制动系统，通过控制系统中各个控制开关的连通和断开实现本申请第二实施方式提供的车辆制动方法，从而使车辆根据速度采用不同的制动方案。

图 8a-图 8g 是本申请的车辆制动系统的电路原理图。如图 8a-图 8g 所示，本申请实施例提供的车辆制动系统包括：电机 50、机械制动装置 60、冷却装置 90、电池 120、以及多个控制开关。所述控制开关包括制动踏板控制开关 1、能量回收开关 2、速度传感器控制开关 3、机械制动装置过热开关 4、制动力补充开关 5、电池电量控制开关 6，制动开关 7 以及二极管 8。

其中，制动踏板控制开关 1 能够控制车辆在正常行驶状态和制动状态切换，当车辆在正常行驶状态下，制动踏板控制开关 1 位于行驶限位（右限位），当驾驶员踩下制动踏板进行制动时，制动踏板控制开关 1 位于制动限位（左限位）。

速度传感器控制开关 3 能够根据车辆速度改变连通状态，当车辆大于第一速度时，速度传感器开关位于第一速度限位（上限位）；当车辆速度小于第一速度并大于第二速度时，速度传感器控制开关位于第二速度限位（中限位）；当车辆速度小于第二速度时，速度传感器控制开关位于第三速度限位（下限位）。

电池电量控制开关 6 能够根据车辆电池的电量改变连通状态，当电池电量大于第一电量时，电池电量控制开关 6 位于第一电量限位（右限位）；当电池电量小于第一电量时，电池电量控制开关 6 位于第二电量限位（左限位）。

机械制动装置过热开关 4 能够根据机械制动装置的温度或机械制动装置的衬片的摩擦系数来改变连通状态。根据机械制动装置的衬片的摩擦系数与机械制动装置的温度对应关系，当机械制动装置的衬片的摩擦系数超过第一阈值时，即可判断机械制动装置的温度超过预定温度或，机械制动装置过热开关 4 处于连通状态。

制动力补充开关 5 用于在电机制动力或机械制动力不足的情况下连通。

能量回收开关 2 用于控制电机 50 是否执行能量回收，当电机 50 执行能量回收时，能量回收开关 2 位于下限位。

制动开关 7 用于控制车辆是否执行机械制动或电机反接制动，当执行机械制动或电机反接制动时，制动开关断开。

下面结合车辆的工作模式对制动系统的控制开关的连通和断开进行说明。

在下文中，“不涉及”指开关可以位于任何一限位或可以连通或断开，不会影响电路的连通状态。

一、车辆行驶未制动

图 8a 是车辆处于未制动状态下，电路的连通状态。其中，制动踏板控制开关 1 位于行驶限位（右限位），速度传感器控制开关 3 不涉及，机械制动装置过热开关 4 不涉及，制动力补充开关 5 断开，电池电量控制开关 6 位于左限位（第一电量限位），能量回收开关 2 不涉及，制动开关 7 连通，此时电机 50 与车辆电池 120 构成串联电路，冷却装置 90 与所述电机 50 构成并联电路。此时电池 120 分别对电机 50 和冷却装置 90 供电，电机 50 在电池 120 的驱动下运行。

二、能量回收

图 8b 是车辆在能量回收状态下，电路的连通状态。其中，制动踏板控制开关 1 位于制动限位（左限位），速度传感器控制开关 3 位于上限位（第一速度限位），机械制动装置过热开关 4 不涉及，制动力补充开关 5 断开，电池电量控制开关 6 位于左限位（第一电量限位），能量回收开关 2 位于下限位，制动开关 7 连通，此时电机 50 与车辆电池 120 构成串联电路，冷却装置 90 与所述电机 50 构成并联电路。此时，电池 120 停止对电机 50 供电，在车辆的惯性作用下带动电机转子旋转，进而电机持续运行，并将产生的电能提供给电池 120。

三、能量回收加机械制动

图 8c 是车辆在执行能量回收加机械制动时，电路的连通状态。其中，制动踏板控制开关 1 位于左限位（制动限位），速度传感器控制开关 3 位于上限位（第一速度限位），机械制动装置过热开关 4 不涉及，制动力补充开关 5 连通，电池电量控制开关 6 位于左限位（第一电量限位），能量回收开关 2 位于下限位，制动开关 7 连通，此时电机 50 与车辆电池 120 构成串联电路，冷却装置 90 与所述电机 50 构成并联电路，机械制动装置 60 与所述电机 50 构成并联电路。此时，电机在车辆的惯性作用下持续运行并产生电能向电池充电，机械制动装置 60 执行机械制动。

四、电机反接制动加机械制动

图 8d 是车辆在执行电机反接叠加机械制动的制动方案时，电路的连通状态。其中，制动踏板控制开关 1 位于左限位（制动限位），速度传感器控制开关 3 位于中限位（第二速度限位），机械制动装置过热开关 4 不涉及，制动力补充开关 5 连通，电池电量控制开关 6 位于左限位（第一电量限位），能量回收开关 2 位于上限位，制动开关 7 断开。此时电机 50 与车辆电池 120、冷却装置 90 构成串联电路；机械制动装置 60 与电机 50 和冷却装置 90 并联。此时，车辆电池 120 驱动电机 50 反接制动，机械制动装置 60 执行机械制动，电机反接制动产生的电能用于驱动制冷装置 90 进行冷却。

图 8f 是车辆在执行电机反接叠加机械制动的制动方案时，电路的连通状态。与图 8d 不同的是，此时机械制动装置 60 过热且车辆的速度小于第二速度。其中，制动踏板控制开关 1 位于左限位（制动限位），速度传感器控制开关 3 位于下限位（第三速度限位），机械制动装置过热开关 4 连通，制动力补充开关 5 连通，电池电量控制开关 6 位于左限位（第一电量限位），能量回收开关 2 位于上限位，制动开关 7 断开。

此时电机 50 与车辆电池 120、冷却装置 90 构成串联电路；机械制动装置 60 与电机 50 和冷却装置 90 构成并联电路。此时，电池 120 驱动电机 50 反接制动，机械制动装置 60 执行机械制动，电机反接制动产生的电能用于驱动制冷装置 90 进行冷却。

五、机械制动

5 图 8e 是车辆在执行机械制动时，电路的连通状态。其中，制动踏板控制开关 1 位于左限位（制动限位），速度传感器控制开关 3 位于下限位（第三速度限位），机械制动装置过热开关 4 断开，制动力补充开关不涉及，电池电量控制开关 6 位于左限位（第一电量限位），能量回收开关 2 和制动开关 7 不涉及。此时电机 50、冷却装置
10 90 与车辆电池 120 断开连接，仅机械制动装置 60 与车辆电池 120 串联。此时，机械制动装置 60 执行机械制动。

图 8g 是车辆在机械制动的状态下，电路的连通状态。与图 8e 不同的是，此时电池电量大于第一电量，无论车辆速度是多少，都不需要对电池进行充电。其中，制动踏板控制开关 1 位于左限位（制动限位），速度传感器控制开关 3 可位于任一速度限位（图中位于第一速度限位），制动力补充开关 5 连通，机械制动装置过热开关 4 断
15 开，电池电量控制开关 6 位于右限位（第二电量限位），能量回收开关 2 和制动开关 7 断开。此时车辆电池 120 与电机 50、冷却装置 90 断开，机械制动装置 60 执行机械制动。

第四实施方式：计算设备

图 9 是本申请实施例提供的一种计算设备 1500 的结构示意性图。该计算设备
20 1500 包括：处理器 1510、存储器 1520、通信接口 1530、总线 1540。

应理解，图 9 所示的计算设备 1500 中的通信接口 1530 可以用于与其他设备之间进行通信。

其中，该处理器 1510 可以与存储器 1520 连接。该存储器 1520 可以用于存储该程序代码和数据。因此，该存储器 1520 可以是处理器 1510 内部的存储单元，也可以是
25 是与处理器 1510 独立的外部存储单元，还可以是包括处理器 1510 内部的存储单元和与处理器 1510 独立的外部存储单元的部件。

可选的，计算设备 1500 还可以包括总线 1540。其中，存储器 1520、通信接口 1530 可以通过总线 1540 与处理器 1510 连接。总线 1540 可以是外设部件互连标准(Peripheral
30 Component Interconnect, PCI)总线或扩展工业标准结构(Extended Industry Standard Architecture, EISA)总线等。所述总线 1540 可以分为地址总线、数据总线、控制总线等。为便于表示，图 9 中仅用一条线表示，但并不表示仅有一根总线或一种类型的总线。

应理解，在本申请实施例中，该处理器 1510 可以采用中央处理单元(central processing unit, CPU)。该处理器还可以是其它通用处理器、数字信号处理器(digital
35 signal processor, DSP)、专用集成电路(application specific integrated circuit, ASIC)、现成可编程门阵列(field programmable gate Array, FPGA)或者其它可编程逻辑器件、分立门或者晶体管逻辑器件、分立硬件组件等。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。或者该处理器 1510 采用一个或多个集成电路，用于执行相关程序，以实现本申请实施例所提供的技术方案。

该存储器 1520 可以包括只读存储器和随机存取存储器，并向处理器 1510 提供指令和数据。处理器 1510 的一部分还可以包括非易失性随机存取存储器。例如，处理器 1510 还可以存储设备类型的信息。

5 在计算设备 1500 运行时，所述处理器 1510 执行所述存储器 1520 中的计算机执行指令执行上述制动方法的操作步骤。

应理解，根据本申请实施例的计算设备 1500 可以对应于执行根据本申请各实施例的方法中的相应主体，并且计算设备 1500 中的各个模块的上述和其它操作和/或功能分别为了实现本实施例各方法的相应流程，为了简洁，在此不再赘述。

10 本领域普通技术人员可以意识到，结合本文中所公开的实施例描述的各示例的单元及算法步骤，能够以电子硬件、或者计算机软件和电子硬件的结合来实现。这些功能究竟以硬件还是软件方式来执行，取决于技术方案的特定应用和设计约束条件。专业技术人员可以对每个特定的应用来使用不同方法来实现所描述的功能，但是这种实现不应认为超出本申请的范围。

15 所属领域的技术人员可以清楚地了解到，为描述的方便和简洁，上述描述的系统、装置和单元的具体工作过程，可以参考前述方法实施例中的对应过程，在此不再赘述。

在本申请所提供的几个实施例中，应该理解到，所揭露的系统、装置和方法，可以通过其它的方式实现。例如，以上所描述的装置实施例仅仅是示意性的，例如，所述单元的划分，仅仅为一种逻辑功能划分，实际实现时可以有另外的划分方式，例如多个单元或组件可以结合或者可以集成到另一个系统，或一些特征可以忽略，或不执行。另一点，所显示或讨论的相互之间的耦合或直接耦合或通信连接可以通过一些接口，装置或单元的间接耦合或通信连接，可以是电性，机械或其它的形式。

20 所述作为分离部件说明的单元可以是或者也可以不是物理上分开的，作为单元显示的部件可以是或者也可以不是物理单元，即可以位于一个地方，或者也可以分布到多个网络单元上。可以根据实际的需要选择其中的部分或者全部单元来实现本实施例方案的

25 目的。另外，在本申请各个实施例中的各功能单元可以集成在一个处理单元中，也可以是各个单元单独物理存在，也可以两个或两个以上单元集成在一个单元中。

30 所述功能如果以软件功能单元的形式实现并作为独立的产品销售或使用，可以存储在一个计算机可读取存储介质中。基于这样的理解，本申请的技术方案本质上或者说对现有技术做出贡献的部分或者该技术方案的部分可以以软件产品的形式体现出来，该计算机软件产品存储在一个存储介质中，包括若干指令用以使得一台计算机设备(可以是个人计算机，服务器，或者网络设备等)执行本申请各个实施例所述方法的全部或部分步骤。而前述的存储介质包括：U 盘、移动硬盘、只读存储器(Read-Only Memory, ROM)、随机存取存储器(Random Access Memory, RAM)、磁碟或者光盘等各种可以存储程序代码的介质。

35 第五实施方式：计算机可读存储介质

本申请实施例还提供了一种计算机可读存储介质，其上存储有计算机程序，该程序被处理装置执行制动方法和计算，该方法包括上述各个实施例所描述的方案中的至少之一。

本申请实施例的计算机存储介质，可以采用一个或多个计算机可读的介质的任意组合。计算机可读介质可以是计算机可读信号介质或者计算机可读存储介质。计算机可读存储介质例如可以是，但不限于，电、磁、光、电磁、红外线、或半导体的系统、装置或装置件，或者任意以上的组合。计算机可读存储介质的更具体的例子(非穷举的列表)包括：具有一个或多个导线的电连接、便携式计算机磁盘、硬盘、随机存取存储装置(RAM)、只读存储装置(ROM)、可擦式可编程只读存储装置(EPROM 或闪存)、光纤、便携式紧凑磁盘只读存储装置(CD-ROM)、光存储装置件、磁存储装置件、或者上述的任意合适的组合。在本文件中，计算机可读存储介质可以是任何包含或存储程序的有形介质，该程序可以被指令执行系统、装置或者装置件使用或者与其结合使用。

计算机可读的信号介质可以包括在基带中或者作为载波一部分传播的数据信号，其中承载了计算机可读的程序代码。这种传播的数据信号可以采用多种形式，包括但不限于电磁信号、光信号或上述的任意合适的组合。计算机可读的信号介质还可以是计算机可读存储介质以外的任何计算机可读介质，该计算机可读介质可以发送、传播或者传输用于由指令执行系统、装置或者装置件使用或者与其结合使用的程序。

计算机可读介质上包含的程序代码可以用任何适当的介质传输，包括、但不限于无线、电线、光缆、RF 等等，或者上述的任意合适的组合。

可以以一种或多种程序设计语言或其组合来编写用于执行本申请操作的计算机程序代码，所述程序设计语言包括面向对象的程序设计语言—诸如 Java、Smalltalk、C++，还包括常规的过程式程序设计语言—诸如“C”语言或类似的程序设计语言。程序代码可以完全地在用户计算机上执行、部分地在用户计算机上执行、作为一个独立的软件包执行、部分在用户计算机上部分在远程计算机上执行、或者完全在远程计算机或服务装置上执行。在涉及远程计算机的情形中，远程计算机可以通过任意种类的网络，包括局域网(LAN)或广域网(WAN)，连接到用户计算机，或者，可以连接到外部计算机(例如利用因特网服务提供商来通过因特网连接)。

第六实施方式：计算机程序

本申请第六实施方式提供一种计算机程序，计算机通过运行该程序能够执行本申请实施例所提供的制动方法，或者作为上述的制动控制装置发挥作用。

本领域普通技术人员可以意识到，结合本文中所公开的实施例描述的各示例的单元及算法步骤，能够以电子硬件、或者计算机软件和电子硬件的结合来实现。这些功能究竟以硬件还是软件方式来执行，取决于技术方案的特定应用和设计约束条件。专业技术人员可以对每个特定的应用来使用不同方法来实现所描述的功能，但是这种实现不应认为超出本申请的范围。

所属领域的技术人员可以清楚地了解到，为描述的方便和简洁，上述描述的系统、装置和单元的具体工作过程，可以参考前述方法实施例中的对应过程，在此不再赘述。

在本申请所提供的几个实施例中，应该理解到，所揭露的系统、装置和方法，可以通过其它的方式实现。例如，以上所描述的装置实施例仅仅是示意性的，例如，所述单元的划分，仅仅为一种逻辑功能划分，实际实现时可以有另外的划分方式，例如多个单元或组件可以结合或者可以集成到另一个系统，或一些特征可以忽略，或不执行。另一点，所显示或讨论的相互之间的耦合或直接耦合或通信连接可以是通过一些

接口，装置或单元的间接耦合或通信连接，可以是电性，机械或其它的形式。

所述作为分离部件说明的单元可以是或者也可以不是物理上分开的，作为单元显示的部件可以是或者也可以不是物理单元，即可以位于一个地方，或者也可以分布到多个网络单元上。可以根据实际的需要选择其中的部分或者全部单元来实现本实施方案的目的。

另外，在本申请各个实施例中的各功能单元可以集成在一个处理单元中，也可以是各个单元单独物理存在，也可以两个或两个以上单元集成在一个单元中。

所述功能如果以软件功能单元的形式实现并作为独立的产品销售或使用，可以存储在一个计算机可读取存储介质中。基于这样的理解，本申请的技术方案本质上或者说对现有技术做出贡献的部分或者该技术方案的部分可以以软件产品的形式体现出来，该计算机软件产品存储在一个存储介质中，包括若干指令用以使得一台计算机设备(可以是个人计算机，服务装置，或者网络设备)执行本申请各个实施例所述方法的全部或部分步骤。而前述的存储介质包括：U 盘、移动硬盘、只读存储装置(Read-Only Memory, ROM)、随机存取存储装置(Random Access Memory, RAM)、磁碟或者光盘等各种可以存储程序代码的介质。

注意，上述仅为本申请的较佳实施例及所运用的技术原理。本领域技术人员会理解，本发明不限于这里所述的特定实施例，对本领域技术人员来说能够进行各种明显的变化、重新调整和替代而不会脱离本发明的保护范围。因此，虽然通过以上实施例对本申请进行了较为详细的说明，但是本发明不仅仅限于以上实施例，在不脱离本发明的构思的情况下，还可以包括更多其他等效实施例，均属于本发明的保护范畴。

权利要求书

1. 一种车辆制动控制方法，其特征在于，包括：

获取车辆速度；

5 当车辆速度大于第一速度时，执行能量回收制动，通过电机发电回收能量，并对电池进行充电；

当车辆速度小于第一速度并大于第二速度时，执行电机反接制动和机械制动，电机反接制动产生的制动力和机械制动产生的制动力叠加，电机产生的电能由电力消耗装置消耗；

10 当车辆速度小于第二速度时，执行机械制动，由机械制动产生制动力。

2. 根据权利要求1所述的方法，其特征在于，在执行机械制动时，在机械制动装置温度超过预定温度时，还执行电机反接制动，电机反接制动产生的制动力和机械制动产生的制动力叠加。

15 3. 根据权利要求2所述的方法，其特征在于，在电机反接制动产生的制动力和机械制动产生的制动力叠加时，所述电机反接制动的制动力随速度的减小而增大，所述机械制动的制动力随速度的减小而减小。

4. 根据权利要求2或3所述的方法，其特征在于，基于所述机械制动装置温度与机械制动装置的衬片的摩擦系数的对应关系，通过计算摩擦系数获取机械制动装置温度，所述摩擦系数通过以下方法获得：

20 根据车辆速度、车辆载重以及车轮半径三者的乘积获得制动总需求制动力矩；

根据电机转速、电机电压以及电机外特性曲线获得电机制动力矩；

根据所述总需求制动力矩与所述电机制动力矩的差获得机械制动力矩；

根据所述机械制动力矩与液压强、机械制动装置的衬片半径、机械制动装置的衬片面积获得机械制动装置的衬片的摩擦系数。

25 5. 根据权利要求1-4中任一项所述的方法，其特征在于，当执行电机反接制动时，所述电机产生的电能用于驱动冷却单元执行对电机的冷却操作。

6. 根据权利要求5所述的方法，其特征在于，所述冷却操作包括：

当收到制动指令时，根据获取的所述电机的电流，并根据所述电机的电流计算电机热功率；

30 根据所述电机热功率控制冷却单元执行冷却操作。

7. 根据权利要求6所述的方法，其特征在于，所述冷却操作还包括，根据获取的电机温度控制冷却单元执行对电机的冷却操作。

8. 根据权利要求1所述的方法，其特征在于，在执行能量回收制动时，在总需求制动力大于能量回收制动所能提供的最大制动力时，还执行机械制动，机械制动产生的制动力与能量回收制动产生的制动力叠加。

35 9. 根据权利要求1所述的方法，其特征在于，在执行电机反接制动和机械制动时，初始时所述电机反接制动的制动力大于机械制动的制动力，且电机反接制动的制动力随速度的减小而减小，所述机械制动的制动力随速度的减小而增大。

10. 根据权利要求1-9中任一项所述的方法，其特征在于，在所述电池电量小于第

一电量时，执行所述能量回收制动。

11. 根据权利要求 1-10 中任一项所述的方法，其特征在于，所述车辆为电动卡车。

12. 一种车辆制动控制装置，其特征在于，包括：

车辆速度获取模块，用于获取车辆速度，

5 车辆制动控制模块，用于根据车辆速度控制车辆执行制动，其中，

当车辆速度大于第一速度时，执行能量回收制动，通过电机发电回收能量，并对电池进行充电；

10 当车辆速度小于第一速度并大于第二速度时，执行电机反接制动和机械制动，电机反接制动产生的制动力和机械制动产生的制动力叠加，电机产生的电能由电力消耗装置消耗；

当车辆速度小于第二速度时，执行机械制动，由机械制动产生制动力。

13. 根据权利要求 12 所述的车辆制动控制装置，其特征在于，在执行机械制动时，在机械制动装置温度超过预定温度时，还执行电机反接制动，电机反接制动产生的制动力和机械制动产生的制动力叠加。

15 14. 根据权利要求 13 所述的车辆制动控制装置，其特征在于，在电机反接制动产生的制动力和机械制动产生的制动力叠加时，所述电机反接制动的制动力随速度的减小而增大，所述机械制动的制动力随速度的减小而减小。

20 15. 根据权利要求 13 或 14 所述的车辆制动控制装置，其特征在于，基于所述机械制动装置温度与机械制动装置的衬片的摩擦系数的对应关系，通过计算摩擦系数获取机械制动装置温度，所述摩擦系数通过以下方法获得：

根据车辆速度、车辆载重以及车轮半径三者的乘积获得制动总需求制动力矩；

根据电机转速、电机电压以及电机外特性曲线获得电机制动力矩；

根据所述总需求制动力矩与所述电机制动力矩的差获得机械制动力矩；

25 根据所述机械制动力矩与液压强、机械制动装置的衬片半径、机械制动装置的衬片面积获得机械制动装置的衬片的摩擦系数。

16. 根据权利要求 12-15 中任一项所述的车辆制动控制装置，其特征在于，当执行电机反接制动时，所述电机产生的电能用于驱动冷却单元执行对电机的冷却操作。

17. 根据权利要求 16 所述的车辆制动控制装置，其特征在于，所述冷却操作包括：

30 当收到制动指令时，根据获取的电机的电流，并根据所述电机的电流计算电机热功率；

根据所述电机热功率控制冷却单元执行冷却操作。

18. 根据权利要求 17 所述的车辆制动控制装置，其特征在于，所述冷却操作还包括，根据获取的电机温度控制冷却单元执行对电机的冷却操作。

35 19. 根据权利要求 12 所述的车辆制动控制装置，其特征在于，在执行能量回收制动时，在总需求制动力大于能量回收制动所能提供的最大制动力时，还执行机械制动，机械制动产生的制动力与能量回收制动产生的制动力叠加。

20. 根据权利要求 12 所述的车辆制动控制装置，其特征在于，在执行电机反接制动和机械制动时，初始时所述电机反接制动的制动力大于机械制动的制动力，且电机反接制动的制动力随速度的减小而减小，所述机械制动的制动力随速度的减小而增

大。

21. 根据权利要求 12-20 中任一项所述的车辆制动控制装置，其特征在于，在所述电池电量小于第一电量时，执行所述能量回收制动。

22. 根据权利要求 12-21 中任一项所述的车辆制动控制装置，其特征在于，所述车辆为电动卡车。

23. 一种车辆制动系统，其特征在于：包括：

电机、机械制动装置、电池、车辆制动控制装置、速度获取装置以及多个控制开关，

其中，所述车辆制动控制装置用于根据速度获取装置实时获取的车辆速度，控制控制开关的连通和断开从而控制车辆制动，其中，

当车辆速度大于第一速度时，执行能量回收制动，车辆速度控制开关位于第一速度限位、能量回收开关位于第一能量回收限位、制动开关连通，所述电机与所述电池构成串联回路，通过电机发电回收能量，并对电池进行充电；

当车辆速度小于第一速度并大于第二速度时，执行电机反接制动和机械制动，车辆速度控制开关位于第二速度限位、能量回收开关位于第二能量回收限位、制动开关断开、制动力补充开关连通，所述电机与所述电池构成串联回路，所述机械制动装置与所述电机构成并联回路，电机反接制动产生的制动力和机械制动产生的制动力叠加，电机产生的电能由电力消耗装置消耗；

当车辆速度小于第二速度时，执行机械制动，车辆速度控制开关位于第三速度限位，所述机械制动装置与所述电池构成串联回路，由机械制动产生制动力。

24. 根据权利要求 23 所述的系统，其特征在于，还包括机械制动装置温度控制开关，在执行机械制动时，在机械制动装置温度超过预定温度时，还执行电机反接制动，所述机械制动装置温度控制开关连通，所述机械制动装置还与所述电机构成并联回路，电机反接制动产生的制动力和机械制动产生的制动力叠加。

25. 根据权利要求 24 所述的系统，其特征在于，在电机反接制动产生的制动力和机械制动产生的制动力叠加时，所述电机反接制动的制动力随速度的减小而增大，所述机械制动的制动力随速度的减小而减小。

26. 根据权利要求 23 或 24 所述的系统，其特征在于，基于所述机械制动装置温度与机械制动装置的衬片的摩擦系数的对应关系，通过计算摩擦系数获取机械制动装置温度，所述摩擦系数通过以下方法获得：

根据车辆速度、车辆载重以及车轮半径三者的乘积获得制动总需求制动力矩；

根据电机的转速、电机的电压以及电机外特性曲线获得电机的制动力矩；

根据所述总需求制动力矩与所述电机制动力矩的差获得机械制动力矩；

根据所述机械制动力矩与液压强、机械制动装置的衬片半径、机械制动装置的衬片面积获得机械制动装置的衬片的摩擦系数。

27. 根据权利要求 23-26 中任一项所述的系统，其特征在于，还包括冷却装置，当执行电机反接制动时，所述电机还和所述冷却装置构成串联回路，所述电机产生的电能用于驱动冷却单元执行对电机的冷却操作。

28. 根据权利要求 27 所述的系统，其特征在于，还包括：

电机控制装置，用于当收到制动指令时，获取的电机的电流，车辆制动控制装置根据电机的电流计算电机热功率，所述冷却控制装置根据所述电机热功率控制冷却单元执行对所述电机的冷却操作。

29. 根据权利要求 28 所述的系统，其特征在于，还包括：

5 温度传感器，用于获取电机的温度；

冷却控制装置，用于根据所述温度控制所述冷却装置执行对所述电机的冷却操作。

30. 根据权利要求 23 所述的系统，其特征在于，在执行能量回收制动时，在总需求制动力大于能量回收制动所能提供的最大制动力时，还执行机械制动，所述制动力
10 补充开关连通，所述电机还与所述机械制动装置构成并联回路，机械制动产生的制动力与能量回收制动产生的制动力叠加。

31. 根据权利要求 23 所述的系统，其特征在于，在执行电机反接制动和机械制动时，初始时所述电机反接制动的制动力大于机械制动的制动力，且电机反接制动的制动力随速度的减小而减小，所述机械制动的制动力随速度的减小而增大。

15 32. 根据权利要求 25-31 中任一项所述的系统，其特征在于，当电池电量大于第一电量时，执行机械制动，所述电池电量控制开关位于第二电量限位，电池与机械制动装置构成串联回路。

33. 根据权利要求 25-32 中任一项所述的系统，其特征在于，所述车辆为电动卡车。

34. 一种计算设备，其特征在于，包括：

20 总线；

通信接口，其与所述总线连接；

至少一个处理器，其与所述总线连接；以及

至少一个存储器，其与所述总线连接并存储有程序指令，所述程序指令当被所述
25 至少一个处理器执行时使得所述至少一个处理器执行权利要求 1 至 11 中任一所述的方法。

35. 一种计算机可读存储介质，其上存储有程序指令，其特征在于，所述程序指令当被计算机执行时使得所述计算机执行权利要求 1 至 11 中任一所述的方法。

36. 一种计算机程序，其特征在于，其包括有程序指令，所述程序指令当被计算机执行时使得所述计算机执行权利要求 1-11 中任一项所述的方法。

30

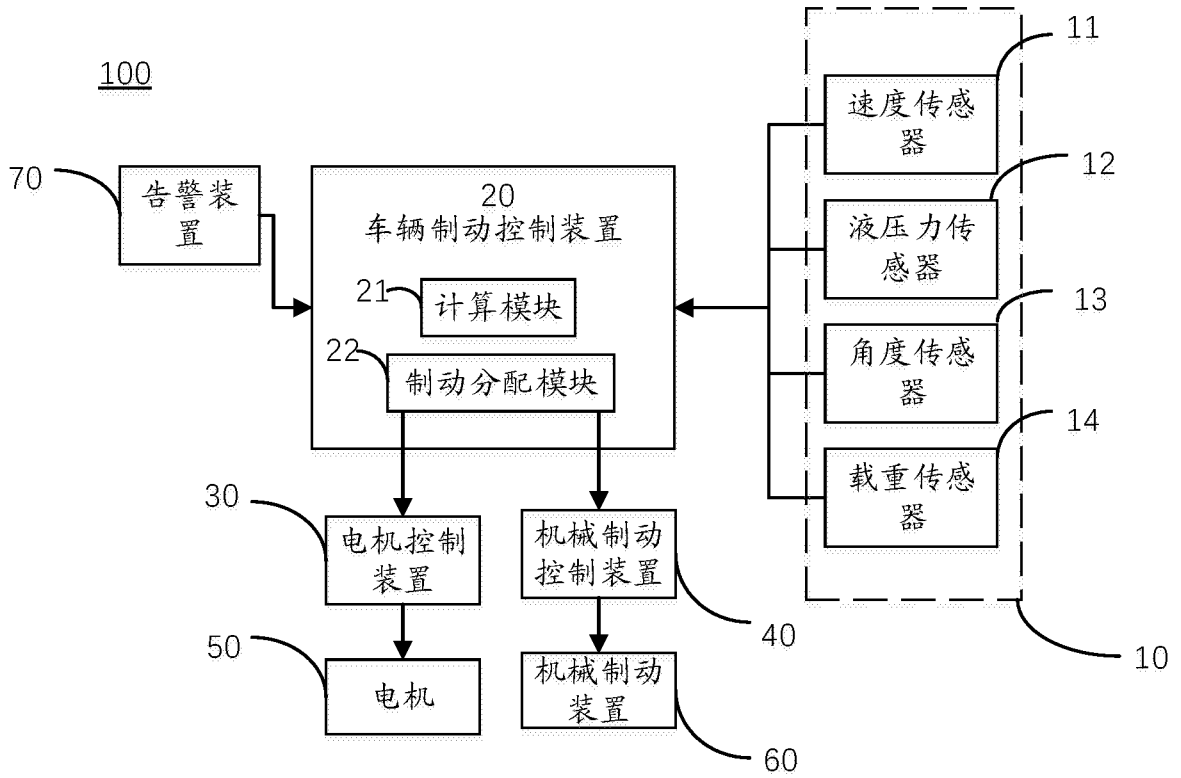


图1

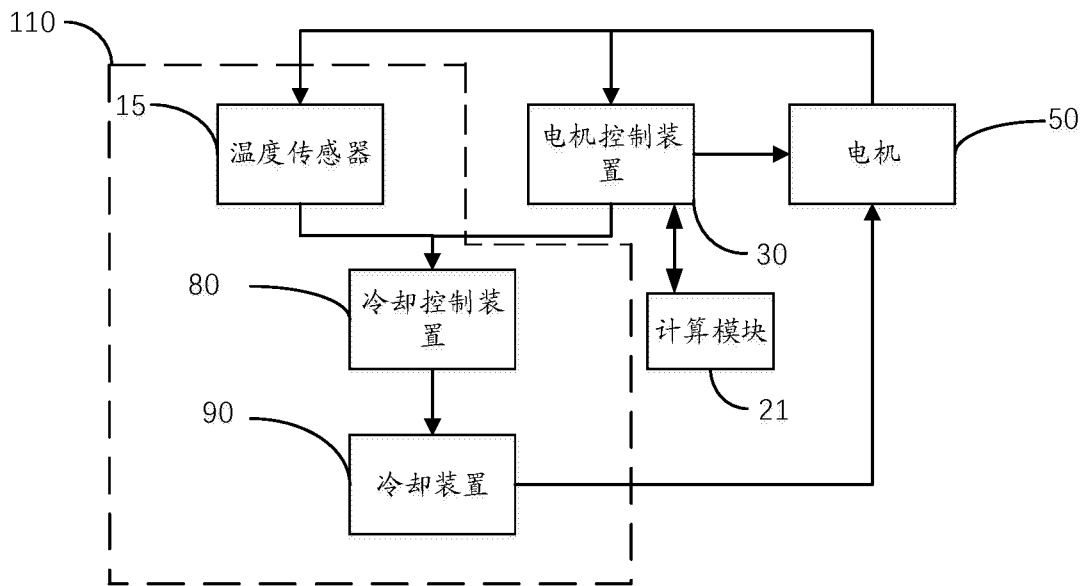


图2

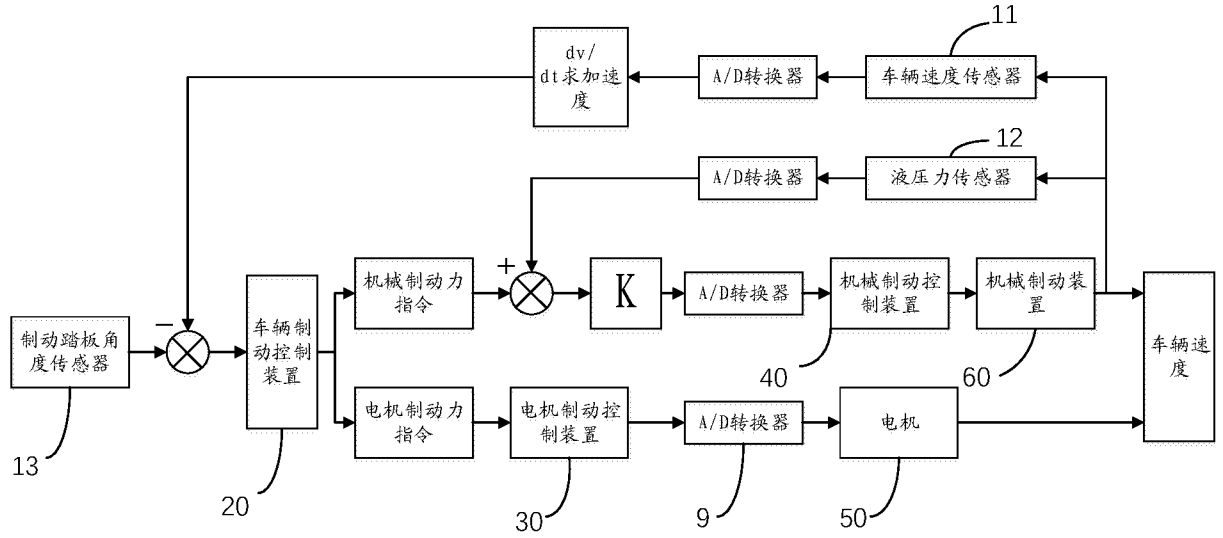


图3

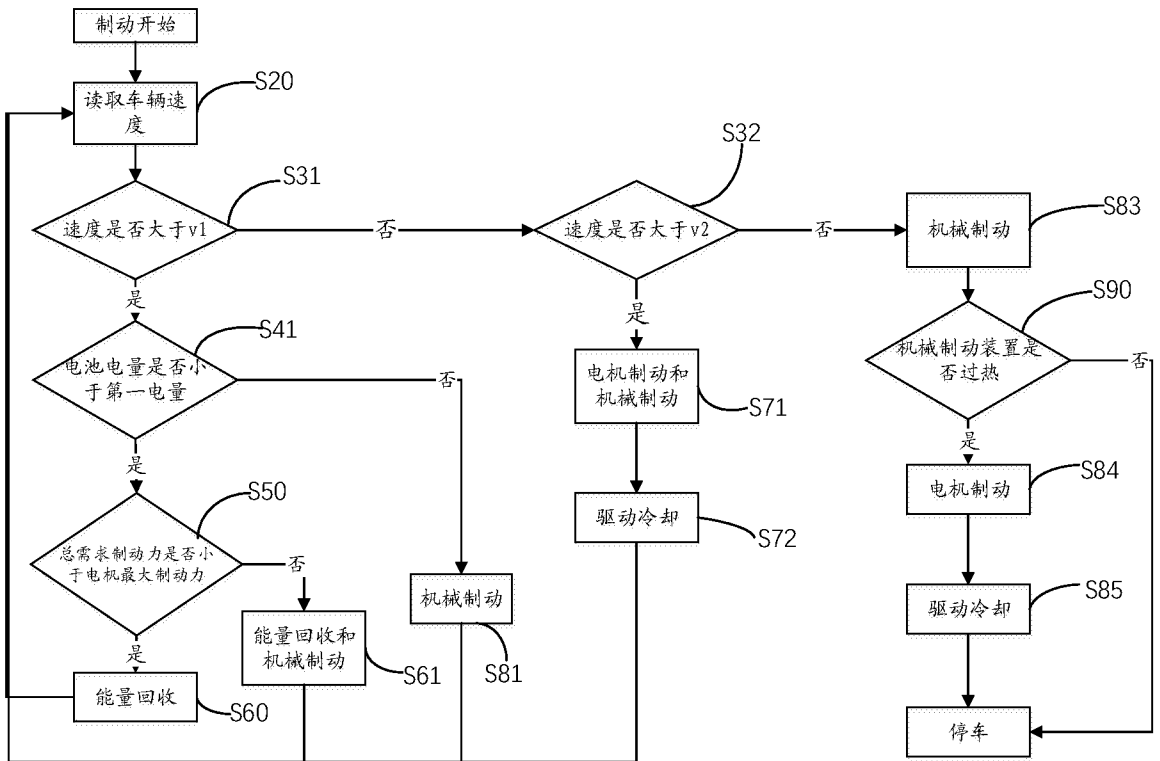


图4

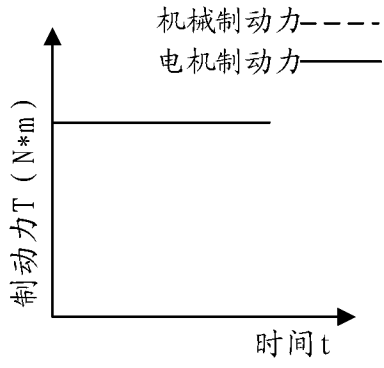


图5a

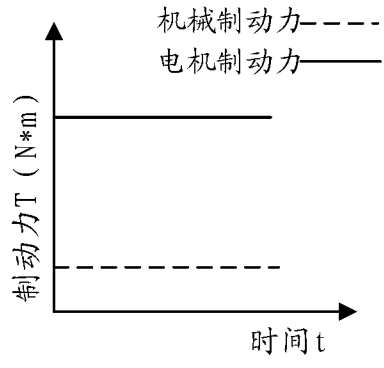


图5b

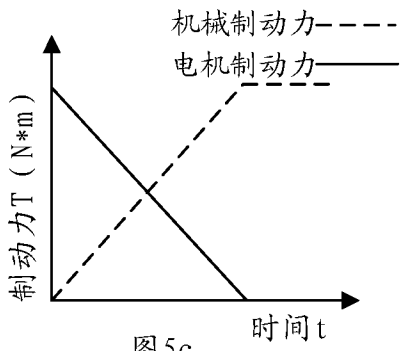


图5c

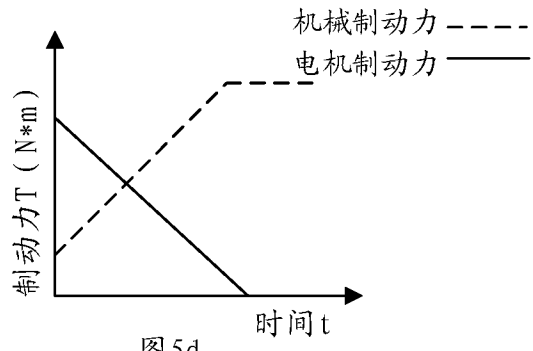


图5d

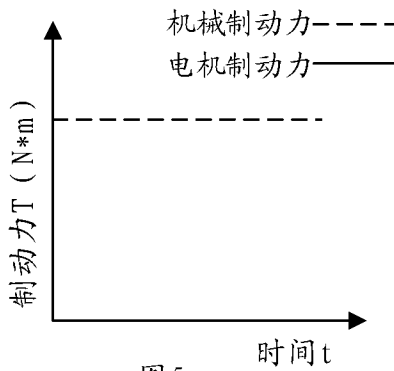


图5e

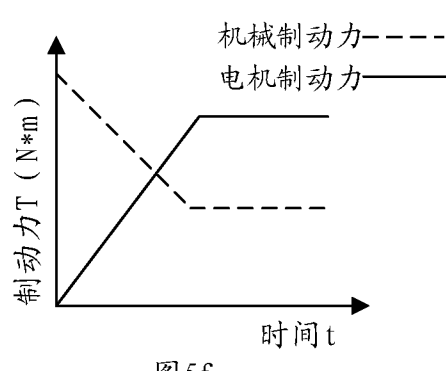
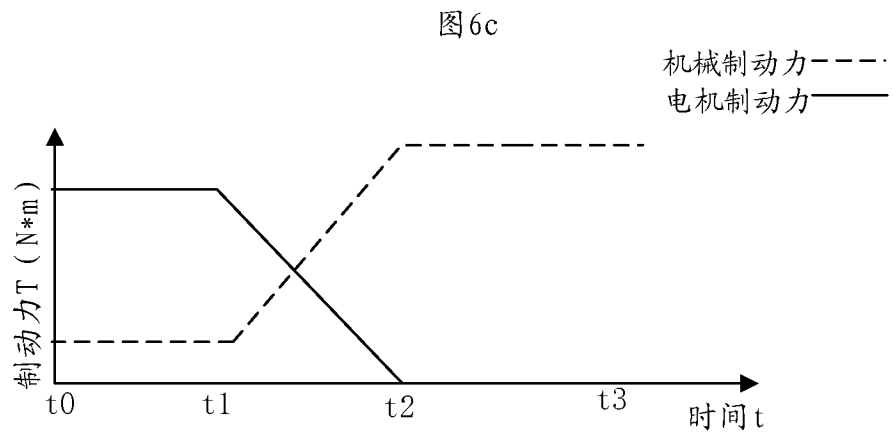
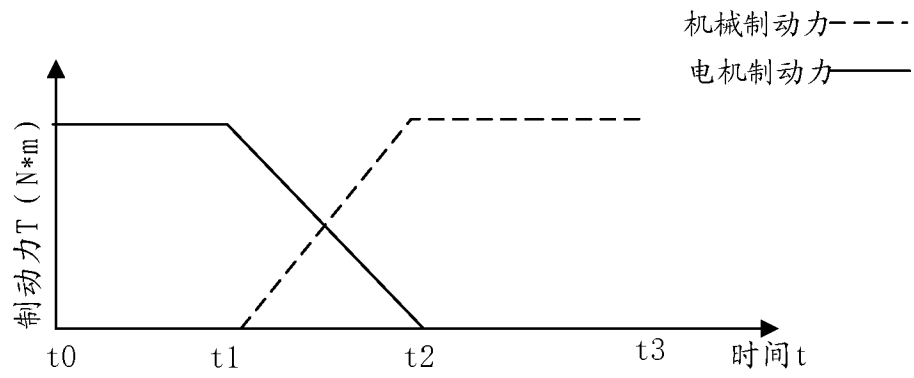
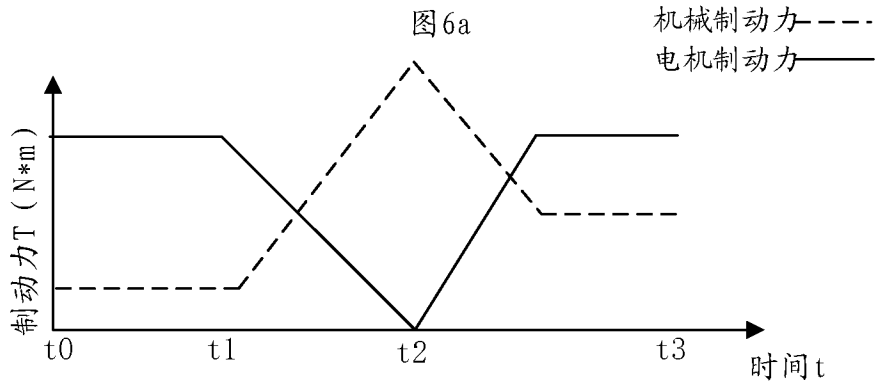
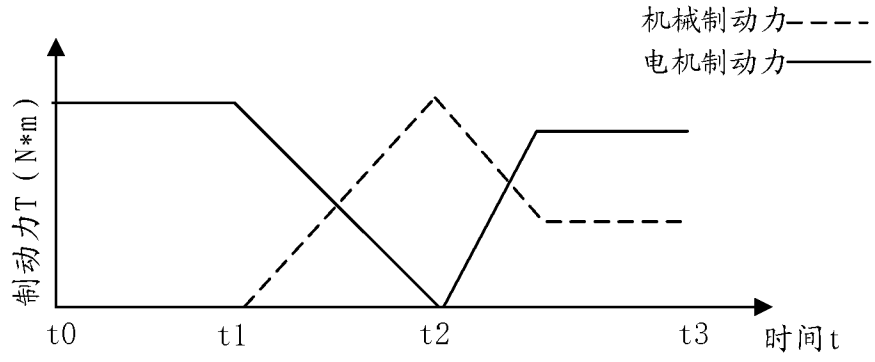


图5f



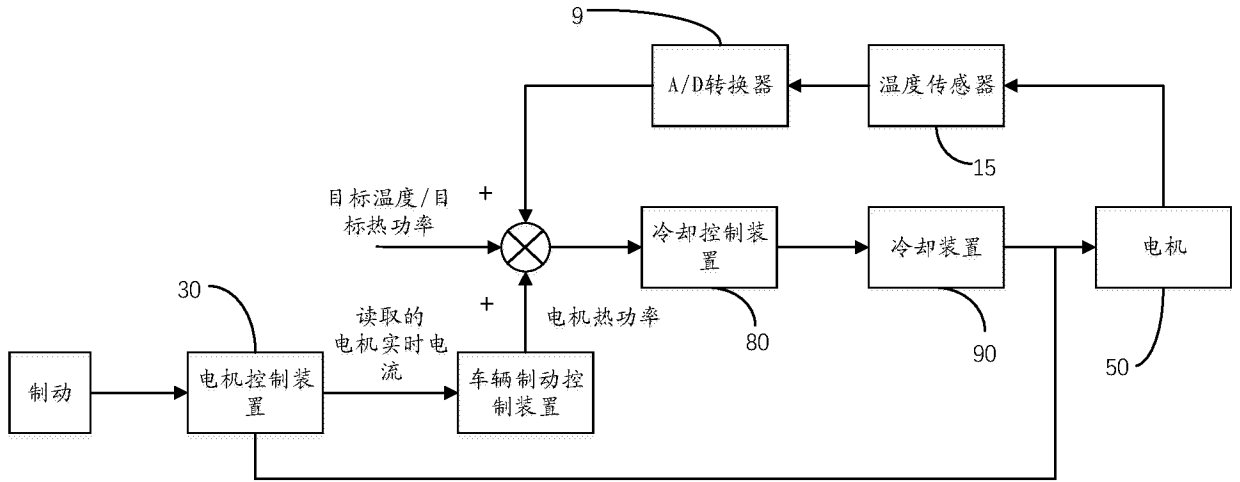


图7

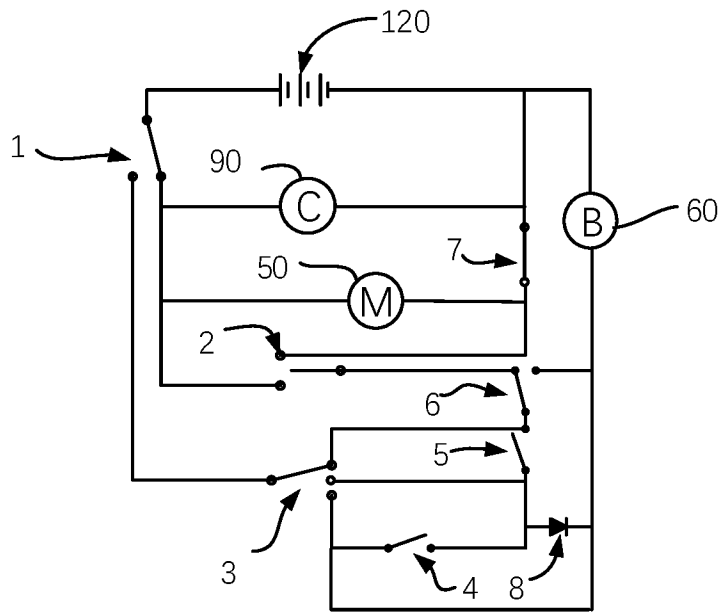


图8a

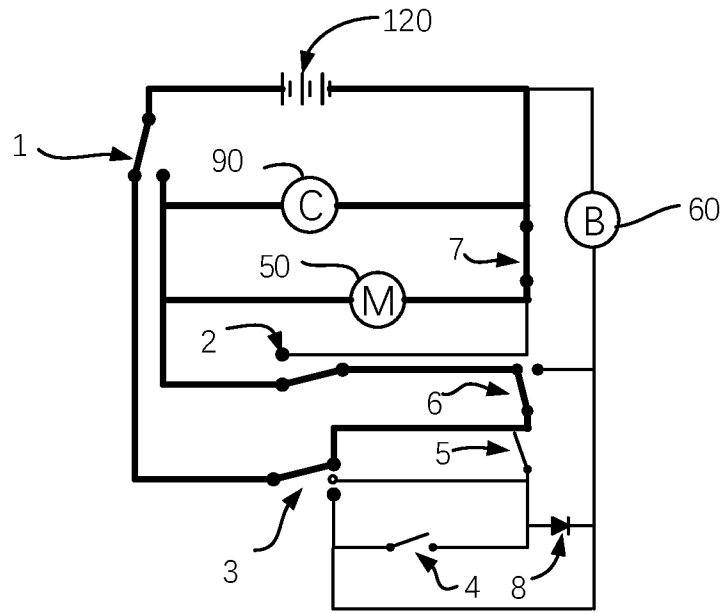


图8b

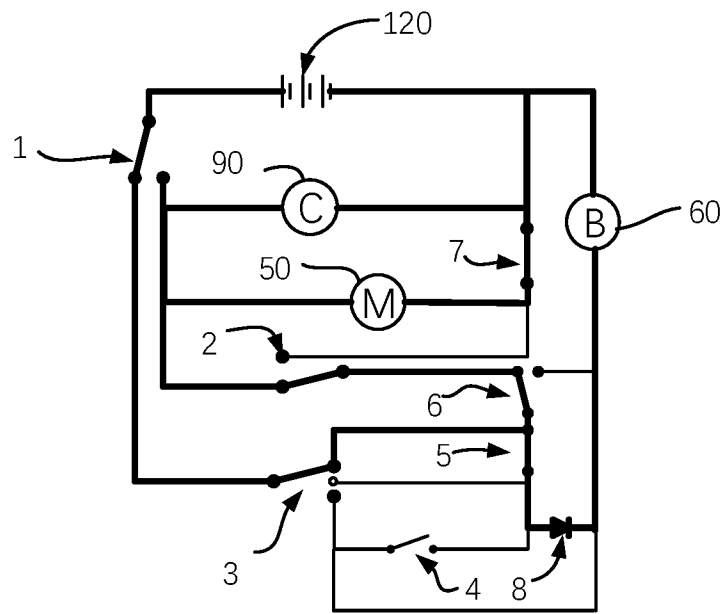


图8c

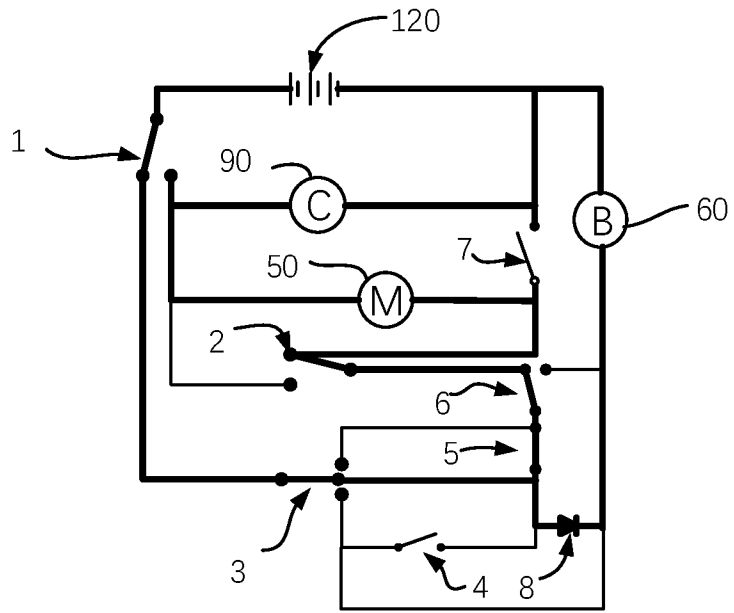


图8d

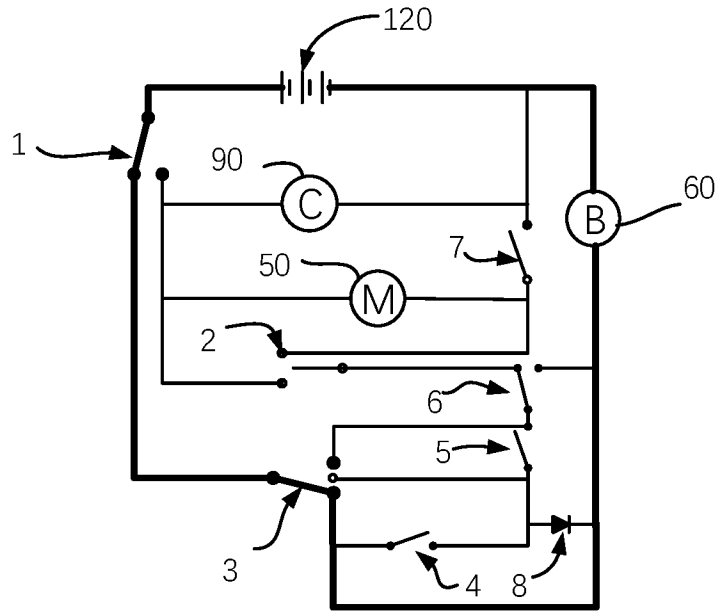


图8e

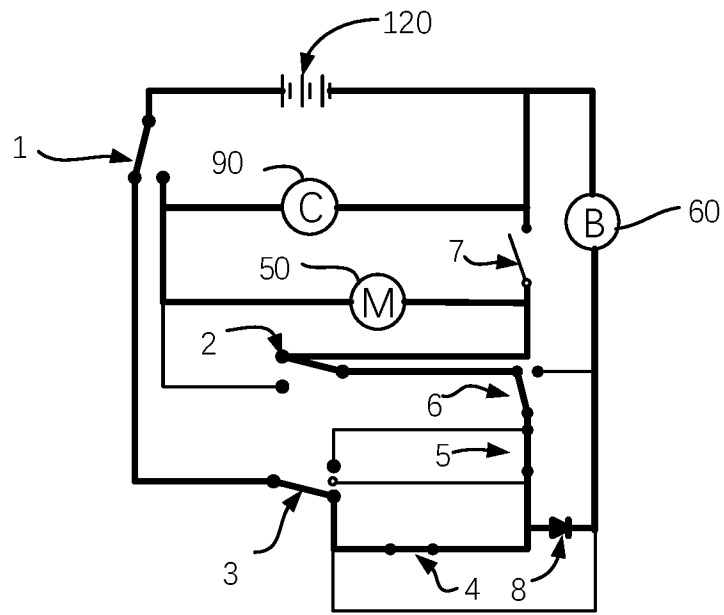


图 8f

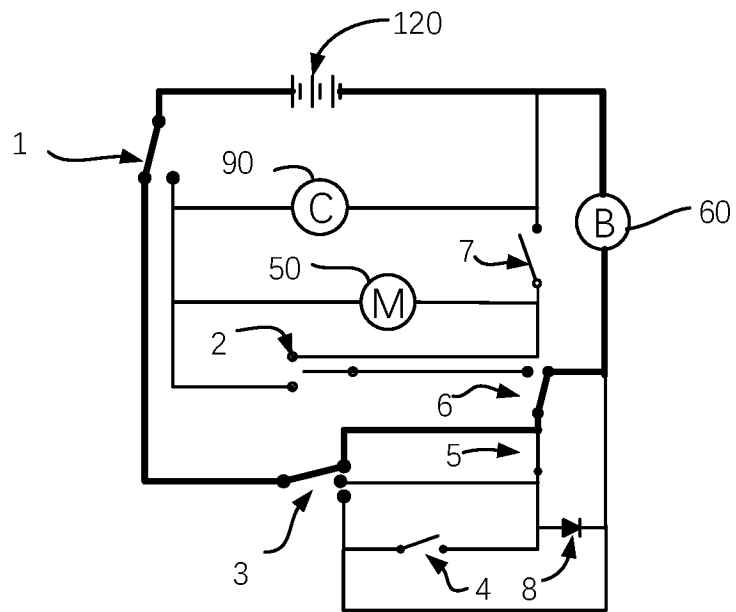


图 8g

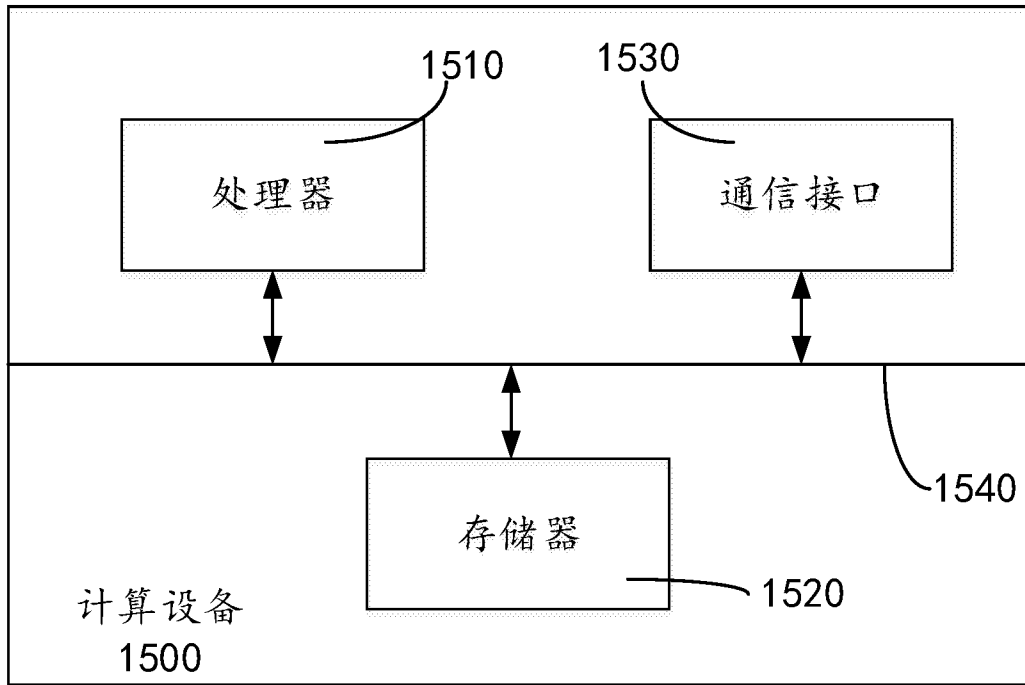


图9

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2021/134236

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B60L 7/10(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)

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)

CNTXT, CNABS, CNKI, ENTXTC, VEN: 制动, 速度, 车速, 电机, 充电, 反接, 反转, 机械制动, brak+, speed, motor, generat+, charg+, revers+, mechanical brake

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	CN 103192721 A (QINGDAO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY) 10 July 2013 (2013-07-10) description, paragraphs [0023]-[0064], and figures 1-4	1-4, 8-15, 19-26, 30-36
Y	CN 103192721 A (QINGDAO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY) 10 July 2013 (2013-07-10) description, paragraphs [0023]-[0064], and figures 1-4	5-7, 16-18, 27-29
Y	CN 108128171 A (CHENGDU BUS CO., LTD.) 08 June 2018 (2018-06-08) description paragraph [0032], figure 1	5-7, 16-18, 27-29
A	CN 112092789 A (FOTON MOTOR INC.) 18 December 2020 (2020-12-18) entire document	1-36
A	CN 104002686 A (SHANGHAI ZHENHUA HEAVY INDUSTRIES CO., LTD.) 27 August 2014 (2014-08-27) entire document	1-36
A	US 6378636 B1 (FORD GLOBAL TECH. INC.) 30 April 2002 (2002-04-30) entire document	1-36
A	JP 2009173196 A (TOYOTA MOTOR CORP.) 06 August 2009 (2009-08-06) entire document	1-36

 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

"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

11 February 2022

Date of mailing of the international search report

09 March 2022

Name and mailing address of the ISA/CN

China National Intellectual Property Administration (ISA/
CN)
No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao, Haidian District, Beijing
100088, China

Authorized officer

Facsimile No. (86-10)62019451

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2021/134236

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	103192721	A	10 July 2013	CN	103192721	B	18 February 2015
CN	108128171	A	08 June 2018	None			
CN	112092789	A	18 December 2020	None			
CN	104002686	A	27 August 2014	None			
US	6378636	B1	30 April 2002	GB	0122307	D0	07 November 2001
				GB	2368664	A	08 May 2002
				GB	2368664	B	15 September 2004
				DE	10149897	A1	01 August 2002
JP	2009173196	A	06 August 2009	None			

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2021/134236

<p>A. 主题的分类 B60L 7/10(2006.01)i</p> <p>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</p>																										
<p>B. 检索领域 检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号) B60L</p> <p>包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献</p> <p>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)) CNTXT, CNABS, CNKI, ENTXTC, VEN:制动, 速度, 车速, 电机, 充电, 反接, 反转, 机械制动, brak+, speed, motor, generat+, charg+, revers+, mechanical brake</p>																										
<p>C. 相关文件</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>类型*</th> <th>引用文件, 必要时, 指明相关段落</th> <th>相关的权利要求</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>X</td> <td>CN 103192721 A (青岛理工大学) 2013年7月10日 (2013 - 07 - 10) 说明书第[0023]-[0064]段、图1-4</td> <td>1-4, 8-15, 19-26, 30-36</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>CN 103192721 A (青岛理工大学) 2013年7月10日 (2013 - 07 - 10) 说明书第[0023]-[0064]段、图1-4</td> <td>5-7, 16-18, 27-29</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>CN 108128171 A (成都客车股份有限公司) 2018年6月8日 (2018 - 06 - 08) 说明书第[0032]段、图1</td> <td>5-7, 16-18, 27-29</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 112092789 A (北汽福田汽车股份有限公司) 2020年12月18日 (2020 - 12 - 18) 全文</td> <td>1-36</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 104002686 A (上海振华重工集团股份有限公司) 2014年8月27日 (2014 - 08 - 27) 全文</td> <td>1-36</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>US 6378636 B1 (FORD GLOBAL TECH INC) 2002年4月30日 (2002 - 04 - 30) 全文</td> <td>1-36</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>JP 2009173196 A (TOYOTA MOTOR CORP) 2009年8月6日 (2009 - 08 - 06) 全文</td> <td>1-36</td> </tr> </tbody> </table>			类型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求	X	CN 103192721 A (青岛理工大学) 2013年7月10日 (2013 - 07 - 10) 说明书第[0023]-[0064]段、图1-4	1-4, 8-15, 19-26, 30-36	Y	CN 103192721 A (青岛理工大学) 2013年7月10日 (2013 - 07 - 10) 说明书第[0023]-[0064]段、图1-4	5-7, 16-18, 27-29	Y	CN 108128171 A (成都客车股份有限公司) 2018年6月8日 (2018 - 06 - 08) 说明书第[0032]段、图1	5-7, 16-18, 27-29	A	CN 112092789 A (北汽福田汽车股份有限公司) 2020年12月18日 (2020 - 12 - 18) 全文	1-36	A	CN 104002686 A (上海振华重工集团股份有限公司) 2014年8月27日 (2014 - 08 - 27) 全文	1-36	A	US 6378636 B1 (FORD GLOBAL TECH INC) 2002年4月30日 (2002 - 04 - 30) 全文	1-36	A	JP 2009173196 A (TOYOTA MOTOR CORP) 2009年8月6日 (2009 - 08 - 06) 全文	1-36
类型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求																								
X	CN 103192721 A (青岛理工大学) 2013年7月10日 (2013 - 07 - 10) 说明书第[0023]-[0064]段、图1-4	1-4, 8-15, 19-26, 30-36																								
Y	CN 103192721 A (青岛理工大学) 2013年7月10日 (2013 - 07 - 10) 说明书第[0023]-[0064]段、图1-4	5-7, 16-18, 27-29																								
Y	CN 108128171 A (成都客车股份有限公司) 2018年6月8日 (2018 - 06 - 08) 说明书第[0032]段、图1	5-7, 16-18, 27-29																								
A	CN 112092789 A (北汽福田汽车股份有限公司) 2020年12月18日 (2020 - 12 - 18) 全文	1-36																								
A	CN 104002686 A (上海振华重工集团股份有限公司) 2014年8月27日 (2014 - 08 - 27) 全文	1-36																								
A	US 6378636 B1 (FORD GLOBAL TECH INC) 2002年4月30日 (2002 - 04 - 30) 全文	1-36																								
A	JP 2009173196 A (TOYOTA MOTOR CORP) 2009年8月6日 (2009 - 08 - 06) 全文	1-36																								
<p><input type="checkbox"/> 其余文件在C栏的续页中列出。</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> 见同族专利附件。</p>																										
<p>* 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 “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</p> <p>“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</p>																										
国际检索实际完成的日期	国际检索报告邮寄日期																									
2022年2月11日	2022年3月9日																									
ISA/CN的名称和邮寄地址	授权官员																									
中国国家知识产权局(ISA/CN) 中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088	李彩芬																									
传真号 (86-10)62019451	电话号码 86-(010)-62089597																									

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2021/134236

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	103192721	A	2013年7月10日	CN	103192721	B	2015年2月18日
CN	108128171	A	2018年6月8日	无			
CN	112092789	A	2020年12月18日	无			
CN	104002686	A	2014年8月27日	无			
US	6378636	B1	2002年4月30日	GB	0122307	D0	2001年11月7日
				GB	2368664	A	2002年5月8日
				GB	2368664	B	2004年9月15日
				DE	10149897	A1	2002年8月1日
JP	2009173196	A	2009年8月6日	无			