



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 113147429 A

(43) 申请公布日 2021.07.23

(21) 申请号 202110430917.5

(22) 申请日 2021.04.21

(71) 申请人 北京汽车股份有限公司

地址 101300 北京市顺义区双河大街99号
院1幢五层101内A5-061

(72) 发明人 胡智睿 徐洋 付江涛

(74) 专利代理机构 北京思创大成知识产权代理
有限公司 11614

代理人 张立君

(51) Int. Cl.

B60L 15/38 (2006.01)

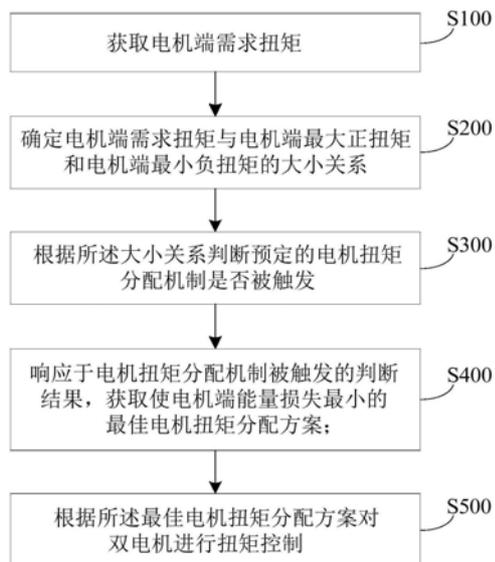
权利要求书2页 说明书6页 附图1页

(54) 发明名称

双电机电动汽车的电机扭矩控制方法、装置、设备及车辆

(57) 摘要

本发明公开一种双电机电动汽车的电机扭矩控制方法、装置、设备及车辆。所述方法包括获取电机端需求扭矩、确定电机端需求扭矩与电机端最大正扭矩和电机端最小负扭矩的大小关系、根据所述大小关系判断预定的电机扭矩分配机制是否被触发、响应于电机扭矩分配机制被触发的判断结果,获取使电机端能量损失最小的最佳电机扭矩分配方案以及根据所述最佳电机扭矩分配方案对双电机进行扭矩控制的步骤。所述装置包括对应执行上述步骤的各个功能模块。所述设备包括处理器和存储器,处理器执行存储器中保存的计算机程序时实现所述方法。所述车辆包含所述设备。根据本发明,能够解决现有双电机电动汽车的被动补偿式电机扭矩分配方法导致整车能耗水平高的问题。



1. 一种双电机电动汽车的电机扭矩控制方法,其特征在于,包括:
 - 获取电机端需求扭矩;
 - 确定电机端需求扭矩与电机端最大正扭矩和电机端最小负扭矩的大小关系;
 - 根据所述大小关系判断预定的电机扭矩分配机制是否被触发;
 - 响应于电机扭矩分配机制被触发的判断结果,获取使电机端能量损失最小的最佳电机扭矩分配方案;
 - 根据所述最佳电机扭矩分配方案对双电机进行扭矩控制。
2. 根据权利要求1所述的双电机电动汽车的电机扭矩控制方法,其特征在于,所述获取电机端需求扭矩包括:
 - 根据检测到的油门踏板开度确定整车需求扭矩;
 - 根据整车需求扭矩和预获取的变速器速比确定电机端需求扭矩。
3. 根据权利要求1所述的双电机电动汽车的电机扭矩控制方法,其特征在于,所述电机扭矩分配机制的触发条件为:
 - 电机端需求扭矩大于电机端最小负扭矩且小于电机端最大正扭矩。
4. 根据权利要求1所述的双电机电动汽车的电机扭矩控制方法,其特征在于,所述最佳电机扭矩分配方案的获取方法包括:
 - 设置电机扭矩分配条件和间隔扭矩值;
 - 获取满足所述电机扭矩分配条件且以间隔扭矩值为间隔的所有电机扭矩分配方案;
 - 确定每个电机扭矩分配方案下的电机端能量损失;
 - 将电机端能量损失最小的电机扭矩分配方案作为所述最佳电机扭矩分配方案;
 - 所述电机扭矩分配方案包括主驱动电机的分配扭矩和辅助电机的分配扭矩。
5. 根据权利要求4所述的双电机电动汽车的电机扭矩控制方法,其特征在于,所述电机扭矩分配条件为两个电机的分配扭矩之和等于电机端需求扭矩且每个电机的分配扭矩处于该电机的外特性之内。
6. 根据权利要求4所述的双电机电动汽车的电机扭矩控制方法,其特征在于,所述所有电机扭矩分配方案的获取方式为:
 - 以间隔扭矩值为枚举步长,以主驱动电机的扭矩区间为枚举范围,枚举出满足所述电机扭矩分配条件的所有电机扭矩分配方案。
7. 根据权利要求4所述的双电机电动汽车的电机扭矩控制方法,其特征在于,每个电机扭矩分配方案下的电机端能量损失基于电机端能量损失公式确定,所述电机端能量损失公式为:
$$P_{\text{loss}} = P_{\text{EM1}} \times (1 - \eta_{\text{EM1}}) + P_{\text{EM2}} \times (1 - \eta_{\text{EM2}})$$
上式中, P_{loss} 为电机端能量损失, P_{EM1} 为当前主驱动电机的运行点对应的电机功率, η_{EM1} 为当前主驱动电机的运行点对应的效率, P_{EM2} 为当前辅助电机的运行点对应的电机功率, η_{EM2} 为当前辅助电机的运行点对应的效率。
8. 一种双电机电动汽车的电机扭矩控制装置,其特征在于,包括:
 - 电机端需求扭矩获取模块,用于获取电机端需求扭矩;
 - 扭矩大小关系确定模块,用于确定电机端需求扭矩与电机端最大正扭矩和电机端最小负扭矩的大小关系;

分配机制触发判断模块,用于根据所述大小关系判断预定的电机扭矩分配机制是否被触发;

最佳电机扭矩分配方案获取模块,用于响应于电机扭矩分配机制被触发的判断结果,获取使电机端能量损失最小的最佳电机扭矩分配方案;

扭矩控制模块,用于根据所述最佳电机扭矩分配方案对双电机进行扭矩控制。

9.一种双电机电动汽车的电机扭矩控制设备,其特征在于,包括处理器和存储器,处理器执行存储器中保存的计算机程序时实现如权利要求1至7任一项所述的电机扭矩控制方法。

10.一种车辆,其特征在于,包含如权利要求9所述的电机扭矩控制设备。

双电机电动汽车的电机扭矩控制方法、装置、设备及车辆

技术领域

[0001] 本发明属于电动汽车扭矩控制领域,更具体地,涉及一种双电机电动汽车的电机扭矩控制方法、装置、设备及车辆。

背景技术

[0002] 近年来,面对能源危机和环境污染的双重压力,世界汽车产业面临战略转型,纯电动汽车已成为我国汽车工业战略发展方向之一,电动汽车的市场占有量逐渐增加。双电机构型纯电动车作为电动车的一种,相比于单电机构型纯电动车,具有更加灵活的扭矩分配方式,以及兼顾动力性和经济性的匹配效果。目前上市的双电机构型电动车采用的双电机扭矩分配方式多为被动补偿方式,优先选用主驱动电机工作,待主驱动电机功率不足时,辅助电机补偿缺失功率。

[0003] 然而,现有双电机构型纯电动汽车的被动补偿式的双电机扭矩分配使得电动汽车在多数工况下均采用主驱动电机单独驱动,由此经常出现主驱动电机的运行点偏离电机高效区间的情况,进而导致电机的能源利用率较低,整车能耗升高,从而对整车经济性指标的达成产生不良影响。

发明内容

[0004] 本发明的目的在于解决现有双电机电动汽车的被动补偿式电机扭矩分配方法导致整车能耗水平高的问题。

[0005] 为了实现上述目的,本发明提供一种双电机电动汽车的电机扭矩控制方法、装置、设备及车辆。

[0006] 根据本发明的第一方面,提供了一种双电机电动汽车的电机扭矩控制方法,该电机扭矩控制方法包括:

[0007] 获取电机端需求扭矩;

[0008] 确定电机端需求扭矩与电机端最大正扭矩和电机端最小负扭矩的大小关系;

[0009] 根据所述大小关系判断预定的电机扭矩分配机制是否被触发;

[0010] 响应于电机扭矩分配机制被触发的判断结果,获取使电机端能量损失最小的最佳电机扭矩分配方案;

[0011] 根据所述最佳电机扭矩分配方案对双电机进行扭矩控制。

[0012] 其中,双电机包括主驱动电机和辅助电机,电机端最大正扭矩为主驱动电机的最大正扭矩与辅助电机的最大正扭矩之和,电机端最小负扭矩为主驱动电机的最小负扭矩与辅助电机的最小负扭矩之和。

[0013] 作为优选的是,所述获取电机端需求扭矩包括:

[0014] 根据检测到的油门踏板开度确定整车需求扭矩;

[0015] 根据整车需求扭矩和预获取的变速器速比确定电机端需求扭矩。

[0016] 作为优选的是,所述电机扭矩分配机制的触发条件为:

- [0017] 电机端需求扭矩大于电机端最小负扭矩且小于电机端最大正扭矩。
- [0018] 作为优选的是,所述最佳电机扭矩分配方案的获取方法包括:
- [0019] 设置电机扭矩分配条件和间隔扭矩值;
- [0020] 获取满足所述电机扭矩分配条件且以间隔扭矩值为间隔的所有电机扭矩分配方案;
- [0021] 确定每个电机扭矩分配方案下的电机端能量损失;
- [0022] 将电机端能量损失最小的电机扭矩分配方案作为所述最佳电机扭矩分配方案;
- [0023] 所述电机扭矩分配方案包括主驱动电机的分配扭矩和辅助电机的分配扭矩。
- [0024] 作为优选的是,所述电机扭矩分配条件为两个电机的分配扭矩之和等于电机端需求扭矩且每个电机的分配扭矩处于该电机的外特性之内。
- [0025] 作为优选的是,所述所有电机扭矩分配方案的获取方式为:
- [0026] 以间隔扭矩值为枚举步长,以主驱动电机的扭矩区间为枚举范围,枚举出满足所述电机扭矩分配条件的所有电机扭矩分配方案。
- [0027] 作为优选的是,每个电机扭矩分配方案下的电机端能量损失基于电机端能量损失公式确定,所述电机端能量损失公式为:
- [0028]
$$P_{\text{loss}} = P_{\text{EM1}} \times (1 - \eta_{\text{EM1}}) + P_{\text{EM2}} \times (1 - \eta_{\text{EM2}})$$
- [0029] 上式中, P_{loss} 为电机端能量损失, P_{EM1} 为当前主驱动电机的运行点对应的电机功率, η_{EM1} 为当前主驱动电机的运行点对应的效率, P_{EM2} 为当前辅助电机的运行点对应的电机功率, η_{EM2} 为当前辅助电机的运行点对应的效率。
- [0030] 作为优选的是,当电机端需求扭矩大于或等于电机端最大正扭矩时,控制主驱动电机和辅助电机以各自最大正扭矩输出。
- [0031] 作为优选的是,当电机端需求扭矩小于或等于电机端最小负扭矩时,控制主驱动电机和辅助电机以各自最小负扭矩输出。
- [0032] 根据本发明的第二方面,提供了一种双电机电动汽车的电机扭矩控制装置,该电机扭矩控制装置包括:
- [0033] 电机端需求扭矩获取模块,用于获取电机端需求扭矩;
- [0034] 扭矩大小关系确定模块,用于确定电机端需求扭矩与电机端最大正扭矩和电机端最小负扭矩的大小关系;
- [0035] 分配机制触发判断模块,用于根据所述大小关系判断预定的电机扭矩分配机制是否被触发;
- [0036] 最佳电机扭矩分配方案获取模块,用于响应于电机扭矩分配机制被触发的判断结果,获取使电机端能量损失最小的最佳电机扭矩分配方案;
- [0037] 扭矩控制模块,用于根据所述最佳电机扭矩分配方案对双电机进行扭矩控制。
- [0038] 根据本发明的第三方面,提供了一种双电机电动汽车的电机扭矩控制设备,该电机扭矩控制设备包括处理器和存储器,处理器执行存储器中保存的计算机程序时实现上述任一种电机扭矩控制方法。
- [0039] 根据本发明的第四方面,提供了一种车辆,该车辆包含上述电机扭矩控制设备。
- [0040] 本发明的有益效果在于:
- [0041] 本发明的双电机电动汽车的电机扭矩控制方法,当判断出电机端需求扭矩与电机

端最大正扭矩和电机端最小负扭矩的大小关系满足预定的电机扭矩分配机制的触发条件时,根据获取的最佳电机扭矩分配方案对双电机进行扭矩控制,以使电机端能量损失最小。由此可知,与现有双电机电动汽车的被动补偿式电机扭矩分配方法相比,采用本发明的双电机电动汽车的电机扭矩控制方法,能够使电机端能量损失最小,以提高电机的能源利用率,进而降低整车能耗水平。

[0042] 本发明的双电机电动汽车的电机扭矩控制装置、双电机电动汽车的电机扭矩控制设备和车辆与上述双电机电动汽车的电机扭矩控制方法属于一个总的发明构思,故与上述双电机电动汽车的电机扭矩控制方法具有相同的有益效果。

[0043] 本发明的其它特征和优点将在随后具体实施方式部分予以详细说明。

附图说明

[0044] 通过结合附图对本发明示例性实施方式进行更详细的描述,本发明的上述以及其它目的、特征和优势将变得更加明显,其中,在本发明示例性实施方式中,相同的参考标号通常代表相同部件。

[0045] 图1示出了根据本发明的实施例的双电机电动汽车的电机扭矩控制方法的实现流程图。

[0046] 图2示出了根据本发明的实施例的双电机电动汽车的电机扭矩控制装置的结构框图。

具体实施方式

[0047] 下面将更详细地描述本发明的优选实施方式。虽然以下描述了本发明的优选实施方式,然而应该理解,可以以各种形式实现本发明而不应被这里阐述的实施方式所限制。相反,提供这些实施方式是为了使本发明更加透彻和完整,并且能够将本发明的范围完整地传达给本领域的技术人员。

[0048] 实施例:图1示出了本实施例的双电机电动汽车的电机扭矩控制方法的实现流程图。参照图1,本实施例的双电机电动汽车的电机扭矩控制方法包括以下步骤:

[0049] 步骤S100、获取电机端需求扭矩;

[0050] 步骤S200、确定电机端需求扭矩与电机端最大正扭矩和电机端最小负扭矩的大小关系;

[0051] 步骤S300、根据所述大小关系判断预定的电机扭矩分配机制是否被触发;

[0052] 步骤S400、响应于电机扭矩分配机制被触发的判断结果,获取使电机端能量损失最小的最佳电机扭矩分配方案;

[0053] 步骤S500、根据所述最佳电机扭矩分配方案对双电机进行扭矩控制。

[0054] 本实施例的步骤S100包括:

[0055] 步骤S110、根据检测到的油门踏板开度确定整车需求扭矩;

[0056] 步骤S120、根据整车需求扭矩和预获取的变速器速比确定电机端需求扭矩。

[0057] 本实施例中,所述电机扭矩分配机制的触发条件为:

[0058] 电机端需求扭矩大于电机端最小负扭矩且小于电机端最大正扭矩。

[0059] 本实施例的步骤S400包括:

[0060] 步骤S410、设置电机扭矩分配条件和间隔扭矩值；

[0061] 步骤S420、获取满足所述电机扭矩分配条件且以间隔扭矩值为间隔的所有电机扭矩分配方案；

[0062] 步骤S430、确定每个电机扭矩分配方案下的电机端能量损失；

[0063] 步骤S440、将电机端能量损失最小的电机扭矩分配方案作为所述最佳电机扭矩分配方案；

[0064] 所述电机扭矩分配方案包括主驱动电机的分配扭矩和辅助电机的分配扭矩。

[0065] 本实施例的步骤S410中，电机扭矩分配条件为两个电机的分配扭矩之和等于电机端需求扭矩且每个电机的分配扭矩处于该电机的外特性之内。

[0066] 本实施例的步骤S420中，所述所有电机扭矩分配方案的获取方式为：

[0067] 以间隔扭矩值为枚举步长，以主驱动电机的扭矩区间为枚举范围，枚举出满足所述电机扭矩分配条件的所有电机扭矩分配方案。

[0068] 本实施例的步骤S430中，每个电机扭矩分配方案下的电机端能量损失基于电机端能量损失公式确定，所述电机端能量损失公式为：

$$P_{\text{loss}} = P_{\text{EM1}} \times (1 - \eta_{\text{EM1}}) + P_{\text{EM2}} \times (1 - \eta_{\text{EM2}})$$

[0070] 上式中， P_{loss} 为电机端能量损失， P_{EM1} 为当前主驱动电机的运行点对应的电机功率， η_{EM1} 为当前主驱动电机的运行点对应的效率， P_{EM2} 为当前辅助电机的运行点对应的电机功率， η_{EM2} 为当前辅助电机的运行点对应的效率。

[0071] 相应地，本实施例还提出了一种双电机电动汽车的电机扭矩控制装置。图2示出了本实施例的双电机电动汽车的电机扭矩控制装置的结构框图。参照图2，本实施例的双电机电动汽车的电机扭矩控制装置包括以下功能模块：

[0072] 电机端需求扭矩获取模块，用于获取电机端需求扭矩；

[0073] 扭矩大小关系确定模块，用于确定电机端需求扭矩与电机端最大正扭矩和电机端最小负扭矩的大小关系；

[0074] 分配机制触发判断模块，用于根据所述大小关系判断预定的电机扭矩分配机制是否被触发；

[0075] 最佳电机扭矩分配方案获取模块，用于响应于电机扭矩分配机制被触发的判断结果，获取使电机端能量损失最小的最佳电机扭矩分配方案；

[0076] 扭矩控制模块，用于根据所述最佳电机扭矩分配方案对双电机进行扭矩控制。

[0077] 相应地，本实施例还提出了一种双电机电动汽车的电机扭矩控制设备。本实施例的双电机电动汽车的电机扭矩控制设备包括处理器和存储器，处理器执行存储器中保存的计算机程序时实现本实施例的双电机电动汽车的电机扭矩控制方法。

[0078] 进一步地，本实施例还提出了一种车辆。本实施例的车辆包括本实施例的双电机电动汽车的电机扭矩控制设备。

[0079] 以下对本实施例的双电机电动汽车的电机扭矩控制方法进行更为详细的说明：

[0080] 1、电机端需求扭矩计算：

[0081] 当驾驶员踩下加速踏板后，可以根据油门踏板开度确定整车需求扭矩，再结合当前变速箱速比，可以计算出电机端需求扭矩 T_d 。

[0082] 2、双电机工作模式判断：

[0083] 确定电机端需求扭矩 T_d 后,根据主驱动电机EM1的外特性和辅助电机EM2的特性确定两个电机的工作状态:

[0084] 若 $T_d > T_{EM1_drive_max} + T_{EM2_drive_max}$,则主驱动电机EM1和辅助电机EM2均以最大负荷输出,以满足驾驶员扭矩需求,无需进行双电机扭矩分配;

[0085] 若 $T_d < T_{EM1_gen_max} + T_{EM2_gen_max}$,则主驱动电机EM1和辅助电机EM2均以最大发电特性进行能量回收,并以机械制动进行辅助制动;

[0086] 若 $T_{EM1_gen_max} + T_{EM2_gen_max} < T_d < T_{EM1_drive_max} + T_{EM2_drive_max}$,则两个电机之间可进行合理的扭矩调配,需要通过多种方案组合计算以确定最优扭矩。

[0087] 上式中, $T_{EM1_drive_max}$ 为主驱动电机EM1电动模式下最大扭矩,即最大正扭矩;

[0088] $T_{EM2_drive_max}$ 为辅助电机EM2电动模式下最大扭矩,即最大正扭矩;

[0089] $T_{EM1_gen_max}$ 为主驱动电机EM1电动模式下最大扭矩,即最小负扭矩;

[0090] $T_{EM2_gen_max}$ 为辅助电机EM2电动模式下最大扭矩,即最小负扭矩。

[0091] 3、电机扭矩分配计算:

[0092] 设置扭矩优化步长 xNm ,以主驱动电机EM1的扭矩输出为标准,以枚举法得出扭矩分配方案矩阵列表,直到主驱动电机EM1的最大发电特性,以能量损失为各扭矩分配方案的考评指。扭矩分配方案矩阵列表如表1所示:

[0093] 表1扭矩分配方案矩阵列表

综合扭矩需求	主驱动电机提供扭矩	辅助电机提供扭矩	备注
T_d	$T_{EM1_drive_max}$	$T_d - T_{EM1_drive_max}$	主驱动电机电动模式
T_d	$T_{EM1_drive_max} - x$	$T_d - T_{EM1_drive_max} + x$	
T_d	$T_{EM1_drive_max} - 2x$	$T_d - T_{EM1_drive_max} + 2x$	
...	
T_d	T_d	0	单电机工作
...	主驱动电机发电模式
T_d	$T_{EM1_drive_max} - nx$	$T_d - T_{EM1_drive_max} + nx$	
T_d	$T_{EM1_gen_max}$	$T_d - T_{EM1_gen_max}$	

[0094] 对于上述扭矩分配方案矩阵,判断计算后的扭矩分配是否处于两个电机的外特性之内,如果有分配的扭矩超出了任一电机的外特性,则优化方案作废;如果均处于电机的外特性之内,则计算该扭矩分配方案对应的能量损失,能量损失方法计算方法如下:

[0096] $P_{loss} = P_{EM1} \times (1 - \eta_{EM1}) + P_{EM2} \times (1 - \eta_{EM2})$

[0097] 上式中, P_{loss} 为电机端能量损失, P_{EM1} 为当前主驱动电机的运行点对应的电机功率, η_{EM1} 为当前主驱动电机的运行点对应的效率, P_{EM2} 为当前辅助电机的运行点对应的电机功率, η_{EM2} 为当前辅助电机的运行点对应的效率。

[0098] 计算出各扭矩分配方案的对应的电机端能量损失之后,选取电机端能量损失最低

的扭矩分配方案作为最终优化扭矩分配结果,双电机按照该方案对应的扭矩输出,可以确保整车能耗最低。

[0099] 本实施例提出了一种双电机纯电动车型的新型控制策略,根据驾驶员扭矩需求,实时对驾驶员需求扭矩进行最优分配,使电机的运行点尽可能的落入高效区间。车辆在低速高扭矩需求的工况时,电机处于低转速高扭矩运行点,对应的效率较低,此时可以借助双电机的优势,采用辅助电机进行扭矩调节将电机的运行点下移,同时,辅助电机也可以运行在高效区间。车辆在高速低扭矩需求的工况时,电机处于高转速低扭矩运行点,对应效率较低,此时可以使辅助电机提供负扭矩,提升主驱动电机负荷,使电机运行点落入高效率区间。

[0100] 本实施例的双电机电动汽车的电机扭矩控制方法通过对电机扭矩进行合理分配,协调两个电机的工作状态,减少电机工作在低效率区间的工作时间,降低整车电耗,提升整车续航里程。本实施例在常见双电机构型汽车的基础上,仅需要对整车控制器中的控制策略及电池管理系统的控制策略进行相应的修改,不需要额外的传感器或执行器,成本较低,应用简便。

[0101] 以上已经描述了本发明的各实施例,上述说明是示例性的,并非穷尽性的,并且也不限于所披露的各实施例。在不偏离所说明的各实施例的范围和精神的情况下,对于本技术领域的普通技术人员来说许多修改和变更都是显而易见的。

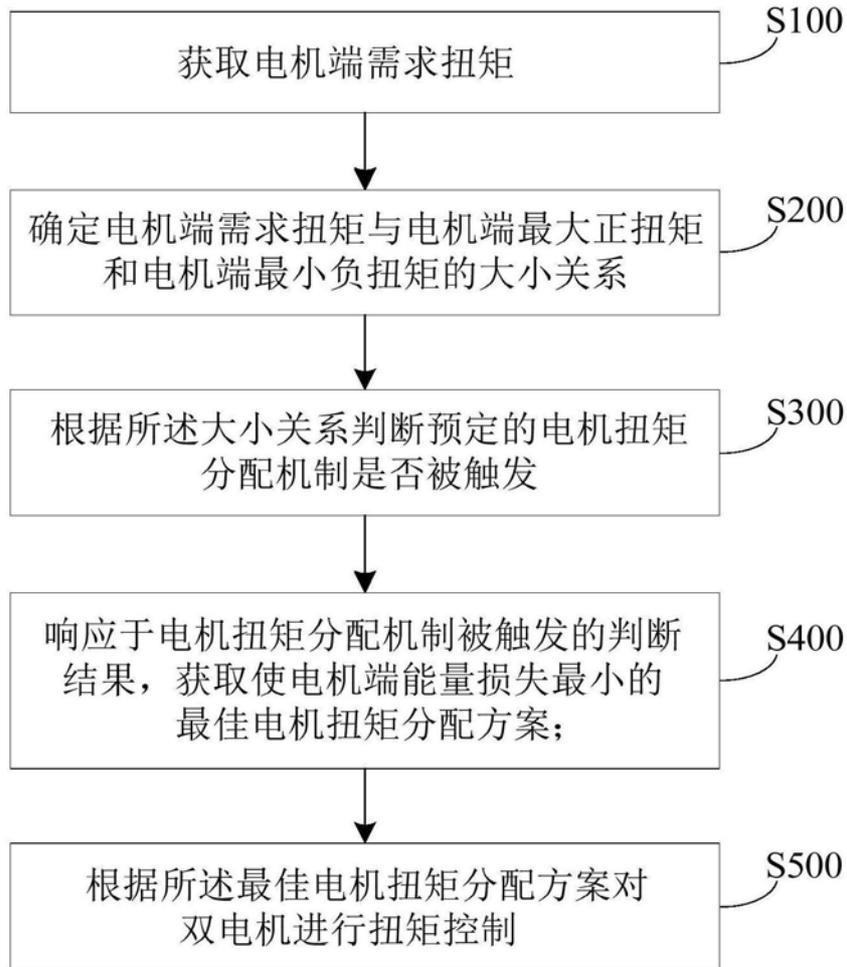


图1

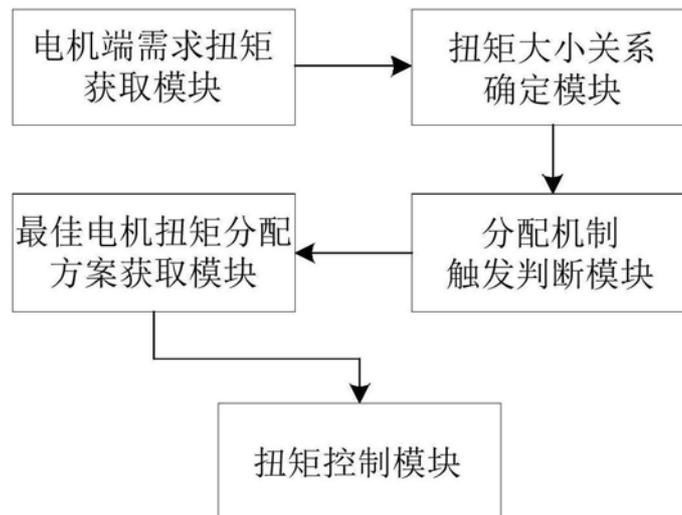


图2