

(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
2025 年 2 月 20 日 (20.02.2025)



(10) 国际公布号
WO 2025/035981 A1

(51) 国际专利分类号:
B60L 15/20 (2006.01) **B60L 15/32** (2006.01)
B60T 8/1755 (2006.01) **B60W 10/08** (2006.01)
B60T 8/17 (2006.01) **B60W 10/18** (2012.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2024/102453

(22) 国际申请日: 2024 年 6 月 28 日 (28.06.2024)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:
202311021387.4 2023年8月14日 (14.08.2023) CN

(71) 申请人: 东风汽车集团股份有限公司(DONGFENG MOTOR GROUP CO., LTD.) [CN/CN]; 中国湖北省武汉市武汉经济技术开发区东风大道特1号, Hubei 430056 (CN)。

(72) 发明人: 王念(WANG, Nian); 中国湖北省武汉市武汉经济技术开发区东风大道特1号, Hubei 430056 (CN)。苟斌(GOU, Bin); 中国湖北省武汉市武汉经济技术开发区东风大道特1号, Hubei 430056 (CN)。闫涛卫(YAN, Taowei); 中国湖北省武汉市武汉经济技术开发区东风大道特1号, Hubei 430056 (CN)。张泽阳(ZHANG, Zeyang); 中国湖北省武汉市武汉经济技术开发区东风大道特1号, Hubei 430056 (CN)。车顺(CHE, Shun); 中国湖北省武汉市武汉经济技术开发区东风大道特1号, Hubei 430056 (CN)。

(74) 代理人: 武汉智权专利代理事务所(特殊普通合伙)(WUHAN ZHIQUAN PATENT AGENT, LLP); 中国湖北省武汉市东湖高新区创业广场7-3栋3层302室, Hubei 430000 (CN)。

(54) Title: CONTROL METHOD AND SYSTEM FOR DISTRIBUTED DRIVE ELECTRIC VEHICLE, AND CONTROLLER AND VEHICLE

(54) 发明名称: 分布式驱动电动汽车的控制方法、控制器、系统及车辆

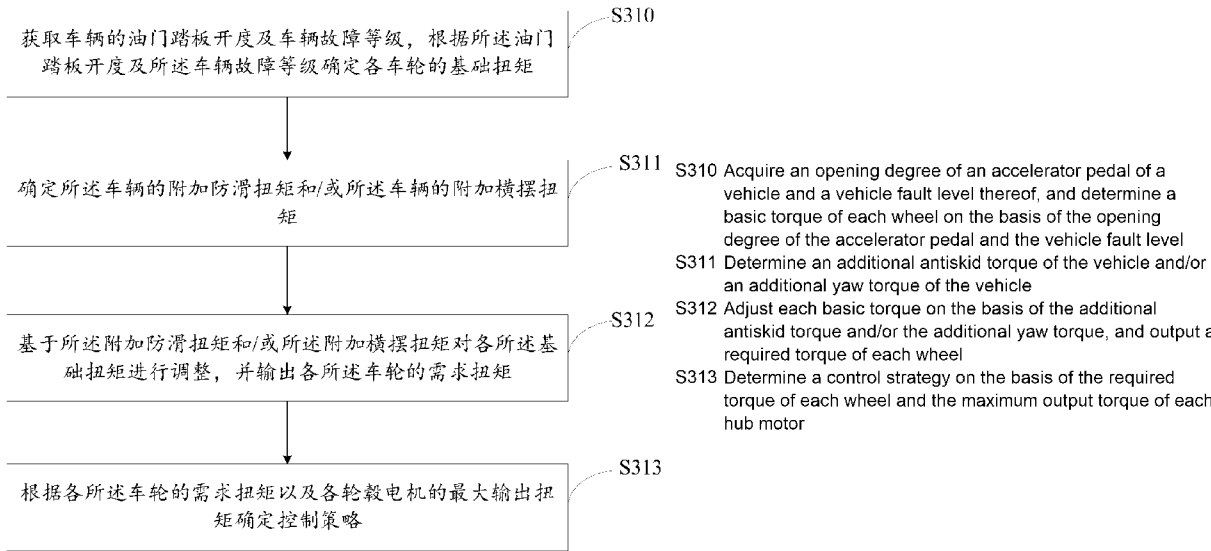


图 3

(57) Abstract: Provided in the present invention are a control method and system for a distributed drive electric vehicle, and a controller and a vehicle. The method comprises: determining a basic torque of each wheel on the basis of an opening degree of an accelerator pedal and a vehicle fault level; determining an additional antiskid torque and/or an additional yaw torque of a vehicle; adjusting each basic torque on the basis of the additional antiskid torque and/or the additional yaw torque, and outputting a required torque of each wheel; and determining a drive control strategy on the basis of the required torque of each wheel and the maximum output torque of each hub motor. In this way, when a vehicle is integrated with both a distributed drive system and a conventional chassis integrated control system, after a required torque of each wheel is determined, a corresponding control strategy can be determined on the basis

(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))。

of the maximum output torque of each hub motor, and if the maximum output torque is insufficient, compensation is then provided by the chassis integrated control system, such that overall planning and coordination for functional control over the distributed drive system and the chassis integrated control system are realized, thereby increasing the utilization rate of control resources, and ensuring a vehicle control effect.

(57) 摘要: 本发明提供一种分布式驱动电动汽车的控制方法、控制器、系统及车辆, 包括: 根据油门踏板开度及车辆故障等级确定各车轮的基础扭矩; 确定车辆的附加防滑扭矩和/或附加横摆扭矩; 基于附加防滑扭矩和/或附加横摆扭矩对各基础扭矩进行调整, 并输出各车轮的需求扭矩; 根据车轮的需求扭矩以及各轮毂电机的最大输出扭矩确定驱动控制策略。如此, 当车辆同时集成有分布式驱动系统和传统底盘集成控制系统时, 在确定出各轮的需求扭矩后, 可基于各轮毂电机的最大输出扭矩确定对应的控制策略, 若最大输出扭矩不足时, 再由底盘集成控制系统提供补偿; 从而实现对分布式驱动系统和底盘集成控制系统功能控制的统筹协调, 提高控制资源利用率, 确保整车控制效果。

分布式驱动电动汽车的控制方法、控制器、系统及车辆

技术领域

本申请涉及分布式驱动整车控制技术领域，尤其涉及一种分布式驱动电动汽车的控制方法、控制器、系统及车辆。

背景技术

随着电动汽车技术研究的不断深入，电动汽车的驱动系统的布置结构逐渐由单一动力源的集中式驱动系统向多动力源的分布式驱动系统发展。

但是当车辆中同时集成有分布式驱动系统和传统的底盘集成控制系统时，会导致分布式驱动系统和底盘集成控制系统的功能出现重叠，比如分布式驱动系统和底盘集成控制系统均可实现对车辆的纵向驱动防滑和横摆稳定控制。

针对如何提高车辆操控性和行驶稳定性的目标，现有技术中无法对分布式驱动系统和底盘集成控制系统的功能控制进行统筹协调，导致控制资源浪费，同时也影响整车的控制效果。

发明内容

针对现有技术存在的问题，本发明实施例提供了一种分布式驱动电动汽车的控制方法、控制器、系统及车辆，以解决或者部分解决现有技术中无法对分布式驱动系统和底盘集成控制系统的功能控制进行统筹协调，导致控制资源浪费，同时也影响整车的控制效果的技术问题。

本发明的第一方面，提供一种分布式驱动电动汽车的控制方法，应用在动力底盘域控制器中，所述方法包括：

获取车辆的油门踏板开度及车辆故障等级，根据所述油门踏板开度及所述

车辆故障等级确定各车轮的基础扭矩；

确定所述车辆的附加防滑扭矩和/或所述车辆的附加横摆扭矩；

基于所述附加防滑扭矩和/或所述附加横摆扭矩对各所述基础扭矩进行调整，并输出各所述车轮的需求扭矩；

5 根据各所述车轮的需求扭矩以及各轮毂电机的最大输出扭矩确定控制策略。

上述方案中，根据所述油门踏板开度及所述车辆故障等级确定各车轮的基础扭矩，包括：

根据所述油门踏板开度确定所述车辆的第一总基础扭矩；

10 基于所述故障等级对所述第一总基础扭矩进行调整，获得对应的总需求扭矩；

根据扭矩分配方式将所述总需求扭矩分配为前轴基础扭矩和后轴基础扭矩；

15 将所述前轴基础扭矩的均值确定为左前轮和右前轮的基础扭矩，将所述后轴基础扭矩的均值确定为左后轮和右后轮的基础扭矩。

上述方案中，所述确定所述车辆的附加防滑扭矩，包括：

针对任一车轮，确定所述车轮的实际滑转率；

基于附加防滑扭矩的 PID 算法，将所述车轮的实际滑移率及所述车轮的理想滑移率确定为附加防滑扭矩 PID 算法的输入值，相应获得第一输出值；

20 所述第一输出值为所述附加防滑扭矩。

上述方案中，所述确定所述车辆的附加横摆扭矩，包括：

当确定所述车辆的方向盘转角不为 0 时，获取所述车辆的实际横摆角速度；

确定所述实际横摆角速度和理想横摆角速度之间的角速度差值；

25 基于附加横摆扭矩的 PID 控制算法，将所述角速度差值作为附加横摆扭矩 PID 控制算法的输入值，相应获得第二输出值；所述第二输出值为所述车辆的附加横摆扭矩。

上述方案中，所述基于所述附加防滑扭矩和/或所述附加横摆扭矩对各所述基础扭矩进行调整，并输出各所述车轮的需求扭矩，包括：

针对任一车轮，根据所述附加防滑扭矩和/或所述附加横摆扭矩确定出扭矩调整量；

5 根据所述扭矩调整量对所述基础扭矩进行调整，获得对应车轮的需求扭矩；其中，

所述车轮的需求扭矩为所述车轮所需的基础扭矩与所述扭矩调整量的扭矩和值。

上述方案中，根据各所述车轮的需求扭矩以及各轮毂电机的最大输出扭矩
10 确定控制策略，包括：

针对任一车轮，若轮毂电机的最大输出扭矩大于或等于对应车轮的需求扭矩时，确定所述控制策略为：由所述轮毂电机提供所述车轮的需求扭矩。

上述方案中，根据各所述车轮的需求扭矩以及各轮毂电机的最大输出扭矩确定控制策略，包括：

15 若轮毂电机的最大输出扭矩小于对应车轮的需求扭矩时，确定所述控制策略为：控制所述轮毂电机输出最大扭矩，并通过液压回路补偿目标制动扭矩；所述目标制动扭矩为所述车轮需求扭矩减去轮毂电机的最大输出扭矩的差值。

本发明的第二方面，提供一种动力底盘域控制器，所述动力底盘域控制器包括：

20 驾驶意图解析模块，被配置为获取车辆的油门踏板开度；

扭矩分配模块，被配置为根据所述油门踏板开度确定各车轮的基础扭矩；

电机驱动防滑控制模块，被配置为确定所述车辆的附加防滑扭矩；

电机扭矩矢量控制模块，被配置为确定所述车辆的附加横摆扭矩；

驱动仲裁模块，被配置为基于所述附加防滑扭矩和/或所述附加横摆扭矩
25 对各所述基础扭矩进行调整，并输出各所述车轮的需求扭矩；根据各所述车轮的需求扭矩以及各轮毂电机的最大输出扭矩确定控制策略。

本发明的第三方面，提供一种分布式驱动电动汽车的控制系统，所述系统包括：

整车控制器 VCU，被配置为获取车辆故障等级；

第二方面所述的动力底盘域控制器，被配置为接收由所述 VCU 发送的故障等级，基于车辆的油门踏板开度及所述车辆故障等级确定各车轮的基础扭矩；

确定所述车辆的附加防滑扭矩和/或所述车辆的附加横摆扭矩；基于所述附加防滑扭矩和/或所述附加横摆扭矩对各所述基础扭矩进行调整，并输出各所述车轮的需求扭矩；根据各所述车轮的需求扭矩以及各轮毂电机的最大输出扭矩确定控制策略。

10 本发明的第四方面，提供一种车辆，所述车辆包括第三方面所述的分布式驱动电动汽车的控制系统。

本发明提供了一种分布式驱动电动汽车的控制方法、控制器、系统及车辆，方法包括：获取车辆的油门踏板开度及车辆故障等级，根据所述油门踏板开度及所述车辆故障等级确定各车轮的基础扭矩；确定所述车辆的附加防滑扭矩和
15 /或所述车辆的附加横摆扭矩；基于所述附加防滑扭矩和/或所述附加横摆扭矩对各所述基础扭矩进行调整，并输出各所述车轮的需求扭矩；根据各所述车轮的需求扭矩以及各轮毂电机的最大输出扭矩确定驱动控制策略。如此，当车辆同时集成有分布式驱动系统和传统底盘集成控制系统时，在确定出各轮的需求扭矩后，可基于各轮毂电机的最大输出扭矩确定对应的控制策略，若最大输出
20 扭矩不足时，再由底盘集成控制系统提供补偿；从而实现对分布式驱动系统和底盘集成控制系统功能控制的统筹协调，提高整车控制资源利用率，确保整车控制效果。

附图说明

通过阅读下文优选实施方式的详细描述，各种其他的优点和益处对于本领域普通技术人员将变得清楚明了。附图仅用于示出优选实施方式的目的，而并
25

不认为是对本发明的限制。而且在整个附图中，用相同的参考符号表示相同的部件。在附图中：

图 1 示出了根据本发明一个实施例的分布式驱动电动汽车的控制系统整体结构示意图；

5 图 2 示出了根据本发明一个实施例的分布式驱动电动汽车的控制逻辑示意图；

图 3 示出了根据本发明一个实施例的分布式驱动电动汽车的控制方法流程图示意图；

图 4 示出了根据本发明一个实施例的动力底盘域控制器结构示意图。

10 具体实施方式

下面将参照附图更详细地描述本公开的示例性实施例。虽然附图中显示了本公开的示例性实施例，然而应当理解，可以以各种形式实现本公开而不应被这里阐述的实施例所限制。相反，提供这些实施例是为了能够更透彻地理解本公开，并且能够将本公开的范围完整的传达给本领域的技术人员。

15 为了更好地理解本申请的技术方案，这里先介绍下分布式驱动系统，分布式驱动电动汽车由两个或多个电机分别驱动各自的车轮，电机通过控制转矩和转速来驱动车轮运动。由于分布式驱动系统取消了中间差速器的扭矩传递，因此具有驱动传动链短、传动效率高、结构紧凑等突出优点。

搭载有分布式驱动的电动汽车具有四轮独立可控的特点，纯电动汽车能够
20 利用四轮独立驱动可控的特点，实现精细化的轮胎附着力分配，提高车辆的操控性和行驶稳定性。分布式驱动系统还可以将电机的最佳效率范围与车辆的工况进行匹配，提高驱动效率和能源利用率。

但是当分布式驱动电动汽车在路面上行驶接近失稳状态时，通过分布式驱动系统和底盘集成控制系统均可对车辆状态进行有效控制，这样就导致分布式
25 驱动系统和底盘集成控制系统的功能重叠。

并且,传统的底盘集成控制系统一般是通过发动机降扭矩或者独立控制作用在车轮上的制动力来改善车辆的稳定性,这种控制方式需要以降低车速为代价,不仅降低了车辆的行驶能力,也会给驾驶员带来明显的介入感,对驾驶员产生驾驶干扰。

5 基于此,本发明实施例提供了一种分布式驱动电动汽车的控制系统,如图1所示,系统包括:整车控制器(VCU, Vehicle Control Unit),动力底盘域控制器(CDU, Conversion & Distribution Unit)、集成式电子制动控制系统(IBC, Integrated brake control system)、四个轮毂电机;其中,

整车控制器 VCU, 被配置为确定车辆故障等级;

10 动力底盘域控制器 CDU, 被配置为接收由所述 VCU 发送的故障等级, 基于车辆的油门踏板开度及所述车辆故障等级确定各车轮的基础扭矩;

确定所述车辆的附加防滑扭矩和/或所述车辆的附加横摆扭矩;

基于所述附加防滑扭矩和/或所述附加横摆扭矩对各所述基础扭矩进行调整, 并输出各所述车轮的需求扭矩; 根据各所述车轮的需求扭矩以及各轮毂电机
15 的最大输出扭矩确定控制策略。

IBC, 被配置为基于控制策略控制各液压回路输出对应的目标制动扭矩, 以及被配置为根据制动踏板开度回收制动能量。

具体来讲, 可参考图 2, 动力底盘域控制器 CDU 包括: 驾驶意图解析模块 21、扭矩分配模块 22、车辆状态确定模块 23、电机驱动防滑控制模块(ETC, Electric Traction Control)、制动驱动防滑控制模块(BTC, Brake Traction Control)、电机扭矩矢量控制模块(TVC, Torque Vector Control)、制动稳定性控制模块(VDC, Vehicle Dynamics Control)、驱动仲裁模块 24 和制动仲裁模
20 块 25。

分布式驱动电动汽车的控制系统整体控制逻辑如下:

25 一般来说, 若车辆一直处于较好的行驶状态, 未出现打滑也未出现失稳现象, 此时 CDU 可直接根据车轮的基础扭矩进行驱动, 无需再对各车轮的基础

扭矩进行调整；其中，此时基础扭矩为正值。

若车辆在低附着系数（比如冰面）的路面上全油门启动或者由高附着系数的路面行驶至低附着系数的路面上时，此时需要提供一定的附加防滑扭矩，来提高车轮的附着力，避免车辆打滑。同样的，若车辆出现失稳，此时需要提供一定的附加横摆扭矩，来提高车辆的稳定性。在这种情况下，基础扭矩应为负值。

基于此，在确定出各车轮的基础扭矩后，需要根据附加防滑扭矩和/或附加横摆扭矩对基础扭矩进行调整，获得各车轮的需求扭矩。

再根据各车轮的需求扭矩及轮毂电机的最大输出扭矩来确定车辆控制策略。

具体地，首先，VCU 会实时对车辆各部件（比如 IBC、动力底盘域控制器及各轮毂电机）的故障状态进行监测，根据故障状态确定车辆故障等级。

然后，驾驶意图解析模块 21 对驾驶意图进行解析，获得对应的油门踏板开度，将油门踏板开度发送至扭矩分配模块 22。

扭矩分配模块 22 根据油门踏板开度及车辆故障等级对各车轮进行扭矩分配，确定出各车轮的基础扭矩；并将各车轮的基础扭矩发送至驱动仲裁模块 24。

然后车辆状态确定模块 23 获取车辆的当前行驶参数，根据当前行驶参数确定当前车辆状态。其中，当前行驶参数可以包括：方向盘转角、车速、车轮转速等信息。

车辆状态可包括打滑状态和失稳状态，但是车辆在某一时刻可能只存在打滑情况，也可能只存在失稳情况，或者同时存在打滑情况和失稳情况。

因此，若车辆状态确定模块 23 确定出车辆当前处于打滑状态时，ETC 模块会确定出车辆所需要的附加防滑扭矩，并将附加防滑扭矩发送至驱动仲裁模块 24。

若确定出车辆当前处于失稳状态时，TVC 模块会确定出车辆所需要的附

加横摆扭矩，并将附加横摆扭矩发送至驱动仲裁模块 24。

若车辆当前既处于打滑状态又处于失稳状态，ETC 模块将附加防滑扭矩发送至驱动仲裁模块 24，同时 TVC 模块也会将附加横摆扭矩发送至驱动仲裁模块 24。

5 驱动仲裁模块 24 接收到附加防滑扭矩和/或附加横摆扭矩后，基于附加防滑扭矩和/或附加横摆扭矩对各基础扭矩进行调整，并输出各车轮的需求扭矩；然后根据各车轮的需求扭矩以及各轮毂电机的最大输出扭矩进行驱动仲裁，确定出相应的控制策略。

比如若轮毂电机的最大输出扭矩大于或等于对应车轮的需求扭矩，那么控制策略则为：由轮毂电机提供车轮的需求扭矩；那么驱动仲裁模块 24 则会将各车轮的需求扭矩发送至对应的轮毂电机去执行。

举例来说，假设车辆同时处于打滑和失稳状态，以左前轮为例说明：

假设左前轮的基础扭矩是 30N.m，附加防滑扭矩为-50N.m，附加横摆扭矩是-50N.m，那么左前轮的需求扭矩为： $30-50-50=-70\text{N.m}$ 。

15 也即，左前轮需要 70N.m 的制动扭矩，来抑制车辆的打滑和失稳。

若左前轮的轮毂电机的最大输出扭矩为-80N.m，那么则由轮毂电机提供左前轮的需求扭矩。

但是，当轮毂电机的最大输出扭矩小于对应的需求扭矩，且车辆当前处于打滑状态时，优先由轮毂电机提供最大输出扭矩，将剩余不足的扭矩确定为第一剩余制动扭矩，由 BTC 模块将第一剩余制动扭矩发送至制动仲裁模块 25。

若轮毂电机的最大输出扭矩小于对应的需求扭矩，且车辆当前处于失稳状态时，优先由轮毂电机提供最大输出扭矩，将剩余不足的扭矩确定为第二剩余制动扭矩，由 VDC 模块将第二剩余制动扭矩发送至制动仲裁模块 25。

若车辆当前既处于打滑状态又处于失稳状态，BTC 模块会将第一剩余制动扭矩发送至制动仲裁模块 25，同时 VDC 模块也会将第二剩余制动扭矩发送至制动仲裁模块 25。

制动仲裁模块 25，会根据第一剩余制动扭矩和/或第二剩余制动扭矩确定出最终的目标制动扭矩。

可以理解的是，若车辆当前处于打滑状态时，目标制动扭矩为第一剩余制动扭矩。若车辆当前处于失稳状态时，目标制动扭矩为第二剩余制动扭矩。若
5 车辆当前处于打滑状态且同时处于失稳状态时，目标制动扭矩为第一剩余制动扭矩和第二剩余制动扭矩的扭矩和值。而第一剩余制动扭矩和第二剩余制动扭矩的和值也可以理解为需求扭矩减去轮毂电机的最大输出扭矩的差值。

那么对应的控制策略为：控制所述轮毂电机输出最大扭矩，并通过制动液压回路补偿目标制动扭矩。

10 而制动液压回路是由 IBC 控制的，也即制动仲裁模块 25 确定出对应的目标制动扭矩后，会向 IBC 发送扭矩请求，IBC 接收到扭矩请求后，基于目标制动扭矩为车轮提供相应的制动力，以抑制车辆的打滑和/或失稳。

继续承接上述举例，假设车辆同时处于打滑和失稳状态，以左前轮为例说明：

15 假设左前轮的基础扭矩是 30N.m，附加防滑扭矩为-50N.m，附加横摆扭矩是-50N.m，那么左前轮的需求扭矩为： $30-50-50=-70\text{N.m}$ 。

也即，左前轮需要 70N.m 的制动扭矩，来抑制车辆的打滑和失稳。

若左前轮的轮毂电机的最大输出扭矩为-60N.m，目标制动扭矩为-10N.m，那么 CDU 则会向 IBC 发送扭矩请求，IBC 会控制对应的制动液压管路提供
20 10N.m 的目标制动扭矩补偿。

这样，本实施例可基于车辆状态对分布式驱动系统提供的扭矩以及底盘集成控制系统提供的制动扭矩进行统一统筹和分配，解决了分布式驱动和底盘集成控制的功能重叠问题，实现了分布式驱动系统、底盘集成控制系统的统一控制，提高了控制资源利用率，确保整车控制效果。

25 这里，动力底盘域控制器 CDU 具体执行逻辑可参考后续关于动力底盘域控制器侧实施例中的具体描述，故在此不再赘述。

基于与前述实施例同样的发明构思，本实施例还提供一种分布式驱动电动汽车的控制方法，应用在动力底盘域控制器 CDU 中，如图 3 所示，方法包括：

步骤 S310，获取车辆的油门踏板开度及车辆故障等级，根据所述油门踏板开度及所述车辆故障等级确定各车轮的基础扭矩。

5 如上文所述，VCU 会实时对车辆各部件（比如 IBC、动力底盘域控制器及各轮毂电机）的故障状态进行监测，根据故障状态确定车辆故障等级，并将车辆故障等级发送至 CDU。

比如，若车辆内部所有部件均无故障，则车辆故障等级为 0；若车辆内部有部件为 1 级故障，且所有部件的故障等级均不超过 1 级，则车辆故障等级为 10 1；若车辆内部有部件为 2 级故障，且所有部件的故障等级均不超过 2 级，则车辆故障等级为 2；若车辆内部有部件为 3 级故障，则车辆故障等级为 3 级。

CDU 可以实时采集车辆油门踏板开度，并接收 VCU 发送的车辆故障等级，根据油门踏板开度及车辆故障等级确定各车轮的基础扭矩。

在一种实施方式中，根据油门踏板开度及车辆故障等级确定各车轮的基础 15 扭矩，包括：

根据油门踏板开度确定车辆的第一总基础扭矩；

基于故障等级对第一总基础扭矩进行调整，获得对应的总需求扭矩；

根据扭矩分配方式将总需求扭矩分配为前轴基础扭矩和后轴基础扭矩；

将前轴基础扭矩的均值确定为左前轮和右前轮的基础扭矩，将后轴基础扭 20 矩的均值确定为左后轮和右后轮的基础扭矩。

具体来讲，先根据油门踏板开度及车辆状态信息计算出车辆期望的第一总基础扭矩。其中，车辆状态信息包括：系统当前允许的最大输出电流 I_A ，各轮毂电机的当前转速以及各轮毂电机峰值扭矩对应的电流 I_a 。

首先，针对各轮毂电机，根据当前转速，查询电机转速-力矩外特性表， 25 得到对应的查表最大扭矩 $T_{imaxi}(i=1,2,3,4)$ ， i 为轮毂电机的编号。进而可确定出系统的查表输出总扭矩 T_{outmax} 为：

$T_{outmax} = T_{tmax1} + T_{tmax2} + T_{tmax3} + T_{tmax4}$; 其中,

T_{tmax1} 为第 1 个轮毂电机的查表最大扭矩, T_{tmax2} 为第 2 个轮毂电机的查表最大扭矩, T_{tmax3} 为第 3 个轮毂电机的查表最大扭矩, T_{tmax4} 为第 4 个轮毂电机的查表最大扭矩。

5 然后判断 $\frac{I_A}{4I_a}$ 是否大于 1, 若确定 $\frac{I_A}{4I_a}$ 大于等于 1, 则确定:

$T_{outmax}' = T_{outmax}$; 其中, T_{outmax}' 为系统允许的最大输出扭矩。

若确定 $\frac{I_A}{4I_a}$ 小于 1, 则确定 $T_{outmax}' = T_{outmax} * \frac{I_A}{4I_a}$ 。

可根据公式 $T_{outmax}'' = \min(T_{outmax}, T_{outmax}')$ 确定出最终的扭矩 T_{outmax}'' ;

最后根据公式 $T_{out} = T_{outmax}'' * Accpedal$ 确定第一总基础扭矩; 其中, $Accpedal$ 为

10 油门踏板开度。

但是若车辆出现故障, 需要根据对应的故障等级调整第一总基础扭矩。在实际应用中, 故障等级和扭矩调整系数具有对应关系。

上述车辆故障等级共包括 4 级 (0~3 级), 扭矩调整系数也对应包括 4 级, 分别为 100%、100%、10%、和 0%。

15 比如, 故障等级为 0 时, 系统正常运行, 第一总基础扭矩无需调整; 故障等级为 1 时, 系统发出报警, 但第一总基础扭矩仍正常运行, 无需调整; 故障等级为 2 时, 第一总基础扭矩降为正常扭矩的 0.1 倍; 系统故障等级为 3 时, 系统不输出扭矩, 扭矩为 0。

举例来说, 假设第一总基础扭矩为 1000N.m, 故障等级为 2 级, 对应的扭矩调整系数为 10%, 那么对第一总基础扭矩调整后, 获得的总需求扭矩为:

$$1000 * 10\% = 100N.m。$$

20 总需求扭矩确定出之后, 基于整车的前后轴的轴荷, 采用正比于轴荷的扭矩分配方式确定前后轴扭矩分配比例, 然后基于前后轴扭矩分配比例确定前轴扭矩和后轴扭矩。

举例来说,比如整车前后轴荷比为 4:6,那么前后轴扭矩分配比例也为 4:6。

再将前轴基础扭矩的均值确定为左前轮和右前轮的基础扭矩,将后轴基础扭矩的均值确定为左后轮和右后轮的基础扭矩。

举例来说,假设总需求扭矩为 800N.m,前后轴扭矩分配比例为 4: 6,那么前轴扭矩为 320N.m,后轴扭矩为 480N.m,左前轮和右前轮的基础扭矩分别为 160N.m,左后轮和右后轮的基础扭矩为 240N.m。

步骤 S311,确定所述车辆的附加防滑扭矩和/或所述车辆的附加横摆扭矩。

如上文所述,若车辆一直处于较好的行驶状态,未出现打滑也未出现失稳现象,此时 CDU 可直接根据车轮的基础扭矩进行驱动,无需对各车轮的基础扭矩进行调整。此时无需抑制打滑和失稳,因此基础扭矩为正扭矩。

但是若车辆一直行驶在低附着系数(比如冰面)的路面上或者由高附着系数的路面行驶至低附着系数的路面上时,此时需要提供一定的附加防滑扭矩,来提高车轮的附着力,避免车辆打滑。

同样的,若车辆出现失稳,此时需要提供一定的附加横摆扭矩,来提高车辆的稳定性。

因此本实施例还需要确定车辆的附加防滑扭矩和/或车辆的附加横摆扭矩。

在一种实施方式中,确定车辆的附加防滑扭矩,包括:

针对任一车轮,确定车轮的实际滑转率;

基于附加防滑扭矩的 PID 算法,将车轮的实际滑移率及车轮的理想滑移率确定为附加防滑扭矩 PID 算法的输入值,相应获得第一输出值;第一输出值为附加防滑扭矩。

具体地,可根据公式(1)确定各车轮的实际滑转率 S_x :

$$S_x = \frac{r \times \omega - v}{r \times \omega} \quad (1)$$

在公式(1)中, x 为车轮序号, r 为车轮滚动半径, ω 为车轮转速, v 车辆的当前车速。

然后,将车轮的实际滑移率及车轮的理想滑移率确定为附加防滑扭矩 PID

算法的输入值，相应获得第一输出值，第一输出值为附加防滑扭矩 T 。其中，附加防滑扭矩 PID 算法如公式 (2) 所示：

$$T = K_p e(t) + K_i \int e(t) dt + \frac{K_d de(t)}{dt} \quad (2)$$

在公式 (2) 中， K_p 、 K_i 和 K_d 为预先标定好的比例系数，而基于经验值及车辆的实际情况确定，在此不做限制。 $e(t)$ 输入值，即 $e(t)$ 为车轮的实际滑移率及车轮的理想滑移率。

在一种实施方式中，确定车辆的附加横摆扭矩，包括：

当确定车辆的方向盘转角不为 0 时，获取车辆的实际横摆角速度；

确定实际横摆角速度和理想横摆角速度之间的角速度差值；

10 基于附加横摆扭矩的 PID 控制算法，将角速度差值作为附加横摆扭矩 PID 控制算法的输入值，相应获得第二输出值；第二输出值为所述车辆的附加横摆扭矩。

具体来说，当方向盘转角不为 0 时，可利用二自由度车辆参考模型确定车辆的理想横摆角速度，利用陀螺仪确定车辆的实际横摆角速度，然后确定理想横摆角速度减去实际横摆角速度的差值，获得对应的角速度差值。

以角速度差值为附加横摆扭矩 PID 控制算法的输入值，输出值为抑制车辆失稳所需要的附加横摆扭矩 ΔM_z 。需要说明的是，每个轮子的附加横摆扭矩可能是不同的，每个轮子的附加横摆扭矩的确定方式如下：

20 由于附加横摆扭矩是在保持纵向扭矩不变的情况下，通过左右侧差扭调节来实现的，假设左前轮和右前轮直径为 $d1$ ，左后轮和右后轮的直径为 $d2$ ，那么可得：

$$\text{前轮扭矩调整量 } \Delta F_f: \Delta F_f = \frac{\Delta M_z}{2} \bigg/ \frac{d1}{2};$$

$$\text{后轮扭矩调整量 } \Delta F_r: \Delta F_r = \frac{\Delta M_z}{2} \bigg/ \frac{d2}{2};$$

那么各个车轮的附加横摆扭矩如下：

左前轮的附加横摆扭矩为： $-\Delta F_f * R_{FL}$ ；右前轮的附加横摆扭矩为： $\Delta F_f * R_{FR}$ ；
左后轮的附加横摆扭矩为： $-\Delta F_r * R_{RL}$ ；右后轮的附加横摆扭矩为： $\Delta F_r * R_{RR}$ ；其中，
 R_{FL} 为左前轮半径， R_{FR} 为右前轮半径， R_{RL} 为左后轮半径， R_{RR} 为右后轮半径。

其中，附加横摆扭矩 PID 控制算法可参考上述附加防滑扭矩 PID 算法的
5 原理，不同的是，附加横摆扭矩 PID 控制算法与附加防滑扭矩 PID 算法的输入值不同，比例系数也是不同的。

步骤 S312，基于所述附加防滑扭矩和/或所述附加横摆扭矩对各所述基础扭矩进行调整，并输出各所述车轮的需求扭矩；

各个车轮的附加防滑扭矩和附加横摆扭矩确定出之后，基于附加防滑扭矩
10 和/或附加横摆扭矩对各基础扭矩进行调整，并输出各车轮的需求扭矩。

在一种实施方式中，基于附加防滑扭矩和/或附加横摆扭矩对各基础扭矩进行调整，并输出各车轮的需求扭矩，包括：

针对任一车轮，根据附加防滑扭矩和/或附加横摆扭矩确定出扭矩调整量；
根据扭矩调整量对基础扭矩进行调整，获得对应车轮的需求扭矩；其中，
15 车轮的需求扭矩为车轮的基础扭矩与扭矩调整量的扭矩和值。

如上文所述，车辆状态可包括打滑状态和失稳状态，但是车辆在某一时刻可能只存在打滑情况，也可能只存在失稳情况，或者同时存在打滑情况和失稳情况。

举例来说，若车辆当前处于打滑状态且处于失稳状态时，以左前轮为例：
20 假设左前轮的基础扭矩是 30N.m，附加防滑扭矩为-50N.m，附加横摆扭矩是-50N.m，那么扭矩调整量为-（50N.m+50N.m）=-100N.m。

左前轮的需求扭矩为：30-100=-70N.m。

按照同样的方法，可确定出所有车轮的需求扭矩。

步骤 S313，根据各所述车轮的需求扭矩以及各轮毂电机的最大输出扭矩
25 确定控制策略。

由于轮毂电机的最大输出扭矩是有限的，因此需要根据各车轮的需求扭矩

以及各轮毂电机的最大输出扭矩确定控制策略。

在一种实施方式中,各车轮的需求扭矩以及各轮毂电机的最大输出扭矩确定驱动控制策略,包括:

针对任一车轮,若轮毂电机的最大输出扭矩大于或等于对应车轮的需求扭矩时,确定所述控制策略为:由轮毂电机提供车轮的需求扭矩;

若轮毂电机的最大输出扭矩小于对应车轮的需求扭矩时,确定控制策略为:控制所述轮毂电机输出最大扭矩,并通过液压回路补偿目标制动扭矩;目标制动扭矩为车轮需求扭矩减去轮毂电机的最大输出扭矩的差值。

举例来说,假设车辆同时处于打滑和失稳状态,以左前轮为例说明:

假设左前轮的基础扭矩是 30N.m,附加防滑扭矩为-50N.m,附加横摆扭矩是-50N.m,那么左前轮的需求扭矩为: $30-50-50=-70\text{N.m}$ 。

也即,左前轮需要 70N.m 的制动扭矩,来抑制车辆的打滑和失稳。

若左前轮的轮毂电机的最大输出扭矩为 80N.m,那么则由轮毂电机提供左前轮的需求扭矩。

若当轮毂电机的最大输出扭矩小于对应的需求扭矩,且车辆当前处于打滑状态时,优先由轮毂电机提供最大输出扭矩,并将剩余不足的扭矩确定为第一剩余制动扭矩。

若轮毂电机的最大输出扭矩小于对应的需求扭矩,且车辆当前处于失稳状态时,优先由轮毂电机提供最大输出扭矩,并将剩余不足的扭矩确定为第二剩余制动扭矩。

若车辆当前既处于打滑状态又处于失稳状态,CDU 会根据第一剩余制动扭矩和/或第二剩余制动扭矩确定出最终的目标制动扭矩。

可以理解的是,若车辆当前处于打滑状态时,目标制动扭矩为第一剩余制动扭矩。若车辆当前处于失稳状态时,目标制动扭矩为第二剩余制动扭矩。若车辆当前处于打滑状态且同时处于失稳状态时,目标制动扭矩为第一剩余制动扭矩和第二剩余制动扭矩的扭矩和值;而第一剩余制动扭矩和第二剩余制动扭

矩的和值也可以理解为需求扭矩减去轮毂电机的最大输出扭矩的差值。

那么对应的控制策略为：控制所述轮毂电机输出最大扭矩，并通过制动液压回路补偿目标制动扭矩。

而制动液压回路是由 IBC 控制的，也即 CDU 确定出对应的目标制动扭矩后，会向 IBC 发送扭矩请求，IBC 接收到扭矩请求后，基于目标制动扭矩为车轮提供相应的制动力，以抑制车辆的打滑和/或失稳。

继续承接上述举例，假设车辆同时处于打滑和失稳状态，以左前轮为例说明：

假设左前轮的基础扭矩是 30N.m，附加防滑扭矩为-50N.m，附加横摆扭矩是-50N.m，那么左前轮的需求扭矩为： $30-50-50=-70\text{N.m}$ 。

也即，左前轮需要 70N.m 的制动扭矩，来抑制车辆的打滑和失稳。

若左前轮的轮毂电机的最大输出扭矩为-60N.m，目标制动扭矩为-10N.m，那么 CDU 则会向 IBC 发送扭矩请求，IBC 会控制对应的制动液压管路提供 10N.m 的目标制动扭矩补偿。

这样在本实施例可基于车辆状态对分布式驱动系统提供的最大输出扭矩以及底盘集成控制系统提供的制动扭矩进行统一统筹和分配，解决了分布式驱动和底盘集成控制的功能重叠问题，实现了分布式驱动系统、底盘集成控制系统的统一控制，提高了控制资源利用率。并且在车辆处于失稳状态时，也无需通过降低发动机扭矩的方式来抑制失稳，进而提高了车辆的极限过弯车速，提升了车辆的操控性和行驶稳定性。

基于与前述实施例同样的发明构思，本实施例还提供一种动力域底盘控制器，如图 4 所示，动力域底盘控制器 CDU 包括：

驾驶意图解析模块 21，被配置为获取车辆的油门踏板开度；

扭矩分配模块 22，被配置为根据所述油门踏板开度确定各车轮的基础扭矩；

电机驱动防滑控制模块 ETC，被配置为确定所述车辆的附加防滑扭矩；

电机扭矩矢量控制模块 TVC，被配置为确定所述车辆的附加横摆扭矩；

驱动仲裁模块 24，被配置为基于所述附加防滑扭矩和/或所述附加横摆扭矩对各所述基础扭矩进行调整，并输出各所述车轮的需求扭矩；根据各所述车轮的需求扭矩以及各轮毂电机的最大输出扭矩确定控制策略。

5 继续参考图 4，动力域底盘控制器 CDU 还包括：车辆状态确定模块 23、制动驱动防滑控制模块 BTC、制动稳定性控制模块 VDC 及制动仲裁模块 25。

具体地，首先，VCU 会实时对车辆各部件（比如 IBC、动力底盘域控制器及各轮毂电机）的故障状态进行监测，根据故障状态确定车辆故障等级。

10 然后，驾驶意图解析模块 21 对驾驶意图进行解析，获得对应的油门踏板开度，将油门踏板开度发送至扭矩分配模块 22。

扭矩分配模块 22 根据油门踏板开度及车辆故障等级对各车轮进行扭矩分配，确定出各车轮的基础扭矩；并将各车轮的基础扭矩发送至驱动仲裁模块 24。

15 然后车辆状态确定模块 23 获取车辆的当前行驶参数，根据当前行驶参数确定当前车辆状态。其中，当前行驶参数可以包括：方向盘转角、车速、车轮转速等信息。

车辆状态可包括打滑状态和失稳状态，但是车辆在某一时刻可能只存在打滑情况，也可能只存在失稳情况，或者同时存在打滑情况和失稳情况。

20 因此，若车辆状态确定模块 23 确定出车辆当前处于打滑状态时，ETC 模块会确定出车轮所需要的附加防滑扭矩，并将附加防滑扭矩发送至驱动仲裁模块 24。

若确定出车辆当前处于失稳状态时，TVC 模块会确定出车轮所需要的附加横摆扭矩，并将附加横摆扭矩发送至驱动仲裁模块 24。

25 若车辆当前既处于打滑状态又处于失稳状态，ETC 模块将附加防滑扭矩发送至驱动仲裁模块 24，同时 TVC 模块也会将附加横摆扭矩发送至驱动仲裁模块 24。

驱动仲裁模块 24 接收到附加防滑扭矩和/或附加横摆扭矩后，基于附加防滑扭矩和/或附加横摆扭矩对各基础扭矩进行调整，并输出各车轮的需求扭矩；然后根据各车轮的需求扭矩以及各轮毂电机的最大输出扭矩进行驱动仲裁，确定出相应的控制策略。

5 比如若轮毂电机的最大输出扭矩大于或等于对应车轮的需求扭矩，那么控制策略则为：由轮毂电机提供车轮的需求扭矩；那么驱动仲裁模块 24 则会将各车轮的需求扭矩发送至对应的轮毂电机去执行。

举例来说，假设车辆同时处于打滑和失稳状态，以左前轮为例说明：

10 假设左前轮的基础扭矩是 30N.m，附加防滑扭矩为-50N.m，附加横摆扭矩是-50N.m，那么左前轮的需求扭矩为： $30-50-50=-70\text{N.m}$ 。

也即，左前轮需要 70N.m 的制动扭矩，来抑制车辆的打滑和失稳。

若左前轮的轮毂电机的最大输出扭矩为 80N.m，那么则由轮毂电机提供左前轮的需求扭矩。

15 但是，当轮毂电机的最大输出扭矩小于对应的需求扭矩，且车辆当前处于打滑状态时，优先由轮毂电机提供最大输出扭矩，将剩余不足的扭矩确定为第一剩余制动扭矩，由 BTC 模块将第一剩余制动扭矩发送至制动仲裁模块 25。

若轮毂电机的最大输出扭矩小于对应的需求扭矩，且车辆当前处于失稳状态时，优先由轮毂电机提供最大输出扭矩，将剩余不足的扭矩确定为第二剩余制动扭矩，由 VDC 模块将第二剩余制动扭矩发送至制动仲裁模块 25。

20 若车辆当前既处于打滑状态又处于失稳状态，BTC 模块会将第一剩余制动扭矩发送至制动仲裁模块 25，同时 VDC 模块也会将第二剩余制动扭矩发送至制动仲裁模块 25。

制动仲裁模块 25，会根据第一剩余制动扭矩和/或第二剩余制动扭矩确定出最终的目标制动扭矩。

25 可以理解的是，若车辆当前处于打滑状态时，目标制动扭矩为第一剩余制动扭矩。

若车辆当前处于失稳状态时，目标制动扭矩为第二剩余制动扭矩。

若车辆当前处于打滑状态且同时处于失稳状态时，目标制动扭矩为第一剩余制动扭矩和第二剩余制动扭矩的扭矩和值。在此状态下，第一剩余制动扭矩和第二剩余制动扭矩的和值也可以理解为需求扭矩减去轮毂电机的最大输出
5 扭矩的差值。

那么对应的控制策略为：控制所述轮毂电机输出最大扭矩，并通过制动液压回路补偿目标制动扭矩。

而制动液压回路是由 IBC 控制的，也即制动仲裁模块 25 确定出对应的目标制动扭矩后，会向 IBC 发送扭矩请求，IBC 接收到扭矩请求后，基于目标制
10 动扭矩为车轮提供相应的制动力，以抑制车辆的打滑和/或失稳。

继续承接上述举例，假设车辆同时处于打滑和失稳状态，以左前轮为例说明：

假设左前轮的基础扭矩是 30N.m，附加防滑扭矩为-50N.m，附加横摆扭矩是-50N.m，那么左前轮的需求扭矩为： $30-50-50=-70\text{N.m}$ 。

15 也即，左前轮需要 70N.m 的制动扭矩，来抑制车辆的打滑和失稳。

若左前轮的轮毂电机的最大输出扭矩为-60N.m，目标制动扭矩为-10N.m，那么制动仲裁模块 25 则会向 IBC 发送扭矩请求，IBC 会控制对应的制动液压管路提供 10N.m 的目标制动扭矩补偿。

由于本发明实施例所介绍的动力底盘域控制器，为实施本发明实施例的分布式驱动电动汽车的控制方法所采用的控制器，故而基于本发明实施例所介绍的方法，本领域所属人员能够了解该控制器的具体结构及变形，故而在此不再赘述。凡是本发明实施例的方法所采用的控制器都属于本发明所欲保护的范围。

基于与前述实施例同样的发明构思，本发明还提供一种车辆，该车辆包括上述提及的分布式驱动电动汽车的控制系统及动力底盘域控制器，分布式驱动
25 电动汽车的控制系统及动力底盘域控制器可参考上述对应描述，故在此不再赘述。

本发明提供的分布式驱动电动汽车的控制方法、控制器、系统及车辆能够带来的有益效果至少是：

本发明提供了一种分布式驱动电动汽车的控制方法、控制器、系统及车辆，方法包括：获取车辆的油门踏板开度及车辆故障等级，根据所述油门踏板开度及所述车辆故障等级确定各车轮的基础扭矩；确定所述车辆的附加防滑扭矩；确定所述车辆的附加横摆扭矩；基于所述附加防滑扭矩、所述附加横摆扭矩对各所述基础扭矩进行调整，并输出各所述车轮的需求扭矩；根据各所述车轮的需求扭矩以及各轮毂电机的最大输出扭矩确定驱动控制策略。如此，当车辆同时集成有分布式驱动系统和传统底盘集成控制系统时，在确定出各轮的需求扭矩后，可基于各轮毂电机的最大输出扭矩确定对应的控制策略，若最大输出扭矩不足时，再由底盘集成控制系统提供补偿；从而实现对分布式驱动系统和底盘集成控制系统功能控制的统筹协调，提高整车控制资源利用率，确保整车控制效果。

可以看出，本发明通过对驾驶员意图解析、扭矩分配、统一驱动防滑控制、统一横摆控制，可以覆盖整车全场景（正常行驶状态、打滑状态及失稳状态）的扭矩需求。解决了分布式驱动和底盘集成控制的功能重叠问题，实现了分布式驱动系统、底盘统一集成控制系统的统一控制，优化了算法的复杂程度；不仅扩展了搭载分布式驱动汽车的稳定性边界，而且在车辆失稳状态时，无需通过降低发动机扭矩的方式来抑制失稳，进而提高了车辆的极限过弯车速，提升了车辆的操控性和行驶稳定性。

以上所述，仅为本发明的较佳实施例而已，并非用于限定本发明的保护范围，凡在本发明的精神和原则之内所作的任何修改、等同替换和改进等，均应包含在本发明的保护范围之内。

权利要求书

1、一种分布式驱动电动汽车的控制方法，其特征在于，应用在动力底盘域控制器中，所述方法包括：

获取车辆的油门踏板开度及车辆故障等级，根据所述油门踏板开度及所述
5 车辆故障等级确定各车轮的基础扭矩；

确定所述车辆的附加防滑扭矩和/或所述车辆的附加横摆扭矩；

基于所述附加防滑扭矩和/或所述附加横摆扭矩对各所述基础扭矩进行调整，并输出各所述车轮的需求扭矩；

根据各所述车轮的需求扭矩以及各轮毂电机的最大输出扭矩确定控制策
10 略。

2、如权利要求 1 所述的方法，其特征在于，根据所述油门踏板开度及所述车辆故障等级确定各车轮的基础扭矩，包括：

根据所述油门踏板开度确定所述车辆的第一总基础扭矩；

基于所述故障等级对所述第一总基础扭矩进行调整，获得对应的总需求扭
15 矩；

根据扭矩分配方式将所述总需求扭矩分配为前轴基础扭矩和后轴基础扭矩；

将所述前轴基础扭矩的均值确定为左前轮和右前轮的基础扭矩，将所述后轴基础扭矩的均值确定为左后轮和右后轮的基础扭矩。

20 3、如权利要求 1 所述的方法，其特征在于，所述确定所述车辆的附加防滑扭矩，包括：

针对任一车轮，确定所述车轮的实际滑转率；

基于附加防滑扭矩的 PID 算法，将所述车轮的实际滑移率及所述车轮的理想滑移率确定为附加防滑扭矩 PID 算法的输入值，相应获得第一输出值；

25 所述第一输出值为所述附加防滑扭矩。

4、如权利要求 1 所述的方法，其特征在于，所述确定所述车辆的附加横

摆扭矩，包括：

当确定所述车辆的方向盘转角不为 0 时，获取所述车辆的实际横摆角速度；

确定所述实际横摆角速度和理想横摆角速度之间的角速度差值；

基于附加横摆扭矩的 PID 控制算法，将所述角速度差值作为附加横摆扭矩 PID 控制算法的输入值，相应获得第二输出值；所述第二输出值为所述车辆的附加横摆扭矩。

5、如权利要求 1 所述的方法，其特征在于，所述基于所述附加防滑扭矩和/或所述附加横摆扭矩对各所述基础扭矩进行调整，并输出各所述车轮的需求扭矩，包括：

10 针对任一车轮，根据所述附加防滑扭矩和/或所述附加横摆扭矩确定出扭矩调整量；

根据所述扭矩调整量对所述基础扭矩进行调整，获得对应车轮的需求扭矩；其中，

所述车轮的需求扭矩为所述车轮所需的基础扭矩与所述扭矩调整量的扭矩和值。

6、如权利要求 1 所述的方法，其特征在于，根据各所述车轮的需求扭矩以及各轮毂电机的最大输出扭矩确定控制策略，包括：

针对任一车轮，若轮毂电机的最大输出扭矩大于或等于对应车轮的需求扭矩时，确定所述控制策略为：由所述轮毂电机提供所述车轮的需求扭矩。

20 7、如权利要求 1 所述的方法，其特征在于，根据各所述车轮的需求扭矩以及各轮毂电机的最大输出扭矩确定控制策略，包括：

若轮毂电机的最大输出扭矩小于对应车轮的需求扭矩时，确定所述控制策略为：控制所述轮毂电机输出最大扭矩，并通过液压回路补偿目标制动扭矩；所述目标制动扭矩为所述车轮需求扭矩减去轮毂电机的最大输出扭矩的差值。

25 8、一种动力底盘域控制器，其特征在于，所述动力底盘域控制器包括：驾驶意图解析模块，被配置为获取车辆的油门踏板开度；

扭矩分配模块，被配置为根据所述油门踏板开度确定各车轮的基础扭矩；

电机驱动防滑控制模块，被配置为确定所述车辆的附加防滑扭矩；

电机扭矩矢量控制模块，被配置为确定所述车辆的附加横摆扭矩；

驱动仲裁模块，被配置为基于所述附加防滑扭矩和/或所述附加横摆扭矩

5 对各所述基础扭矩进行调整，并输出各所述车轮的需求扭矩；根据各所述车轮的需求扭矩以及各轮毂电机的最大输出扭矩确定控制策略。

9、一种分布式驱动电动汽车的控制系统，其特征在于，所述系统包括：

整车控制器 VCU，被配置为获取车辆故障等级；

如权利要求 8 所述的动力底盘域控制器，被配置为接收由所述 VCU 发送

10 的故障等级，基于车辆的油门踏板开度及所述车辆故障等级确定各车轮的基础扭矩；

确定所述车辆的附加防滑扭矩和/或所述车辆的附加横摆扭矩；基于所述附加防滑扭矩和/或所述附加横摆扭矩对各所述基础扭矩进行调整，并输出各所述车轮的需求扭矩；根据各所述车轮的需求扭矩以及各轮毂电机的最大输出

15 扭矩确定控制策略。

10、一种车辆，其特征在于，所述车辆包括如权利要求 9 所述的分布式驱动电动汽车的控制系统。

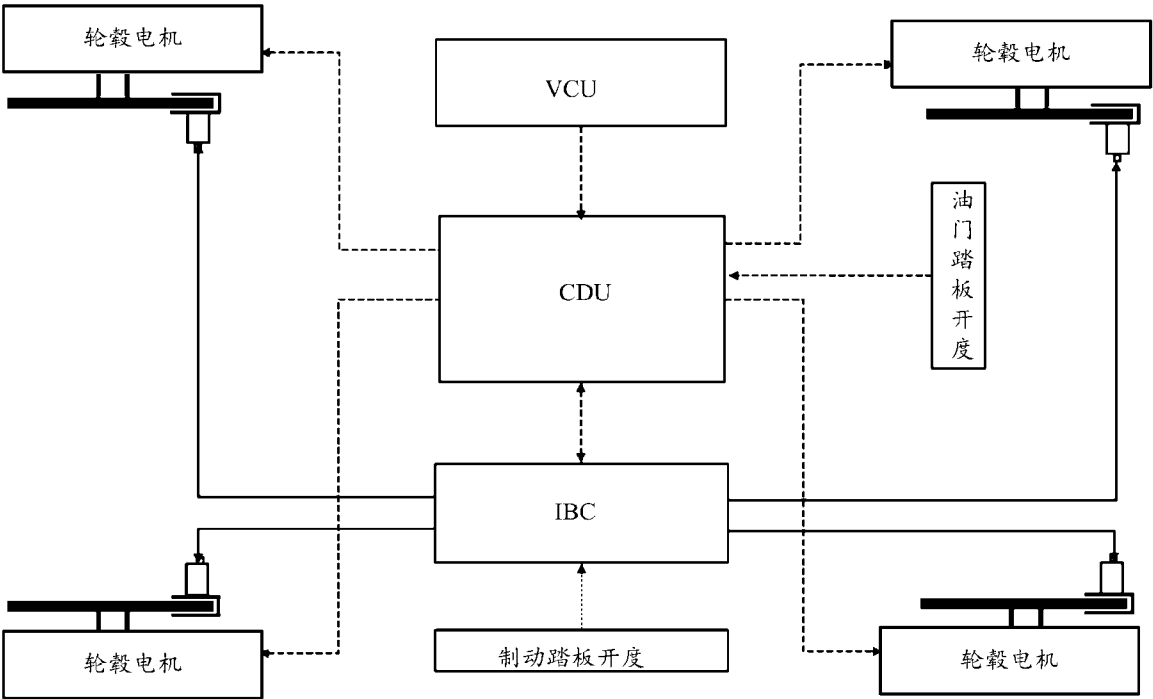


图 1

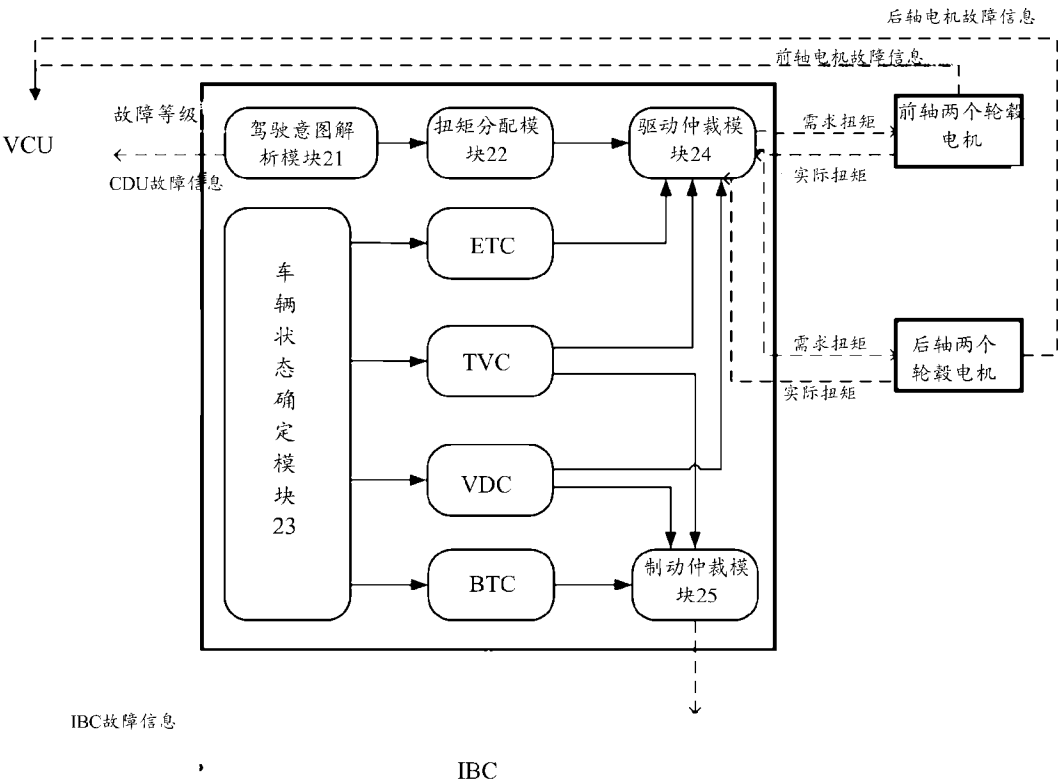


图 2

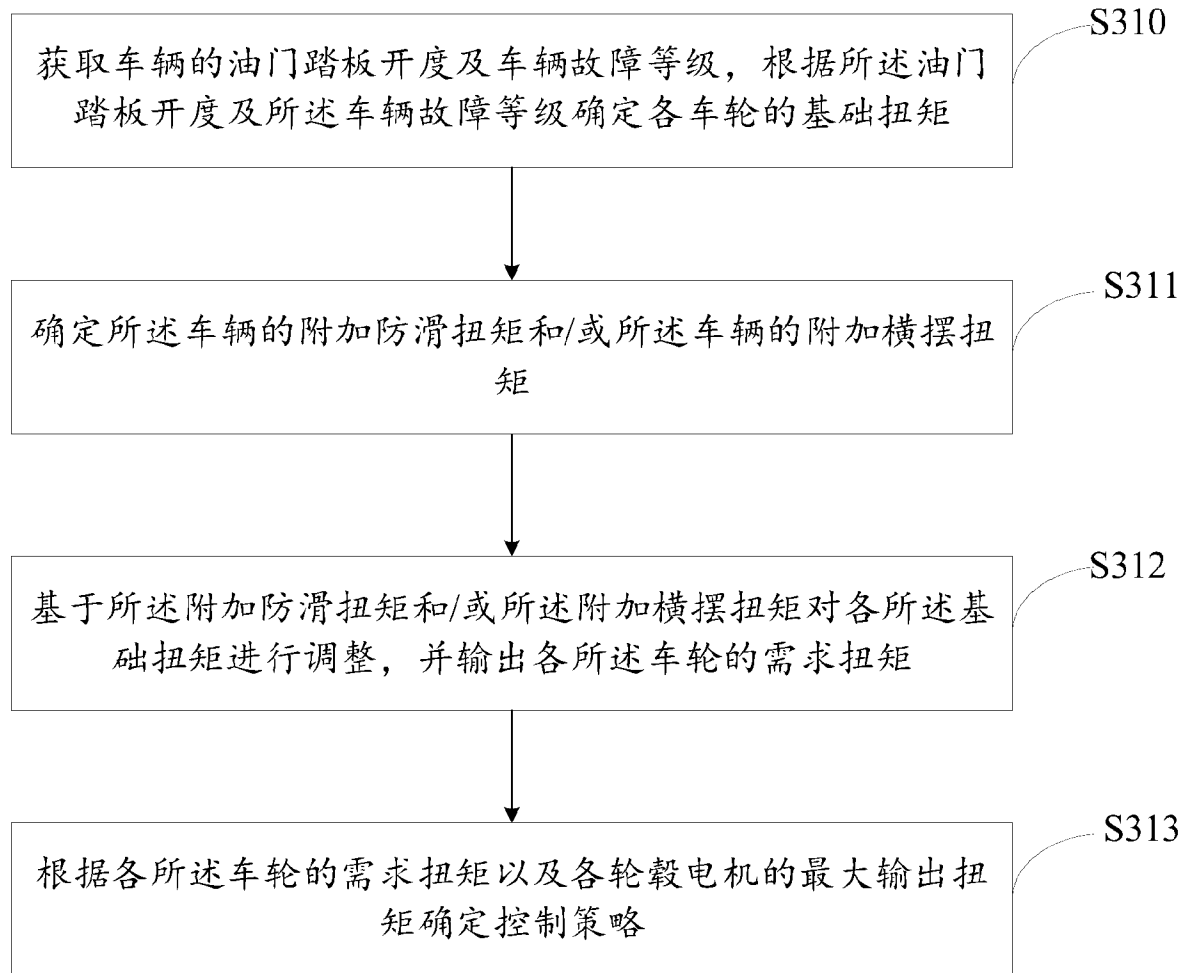


图 3

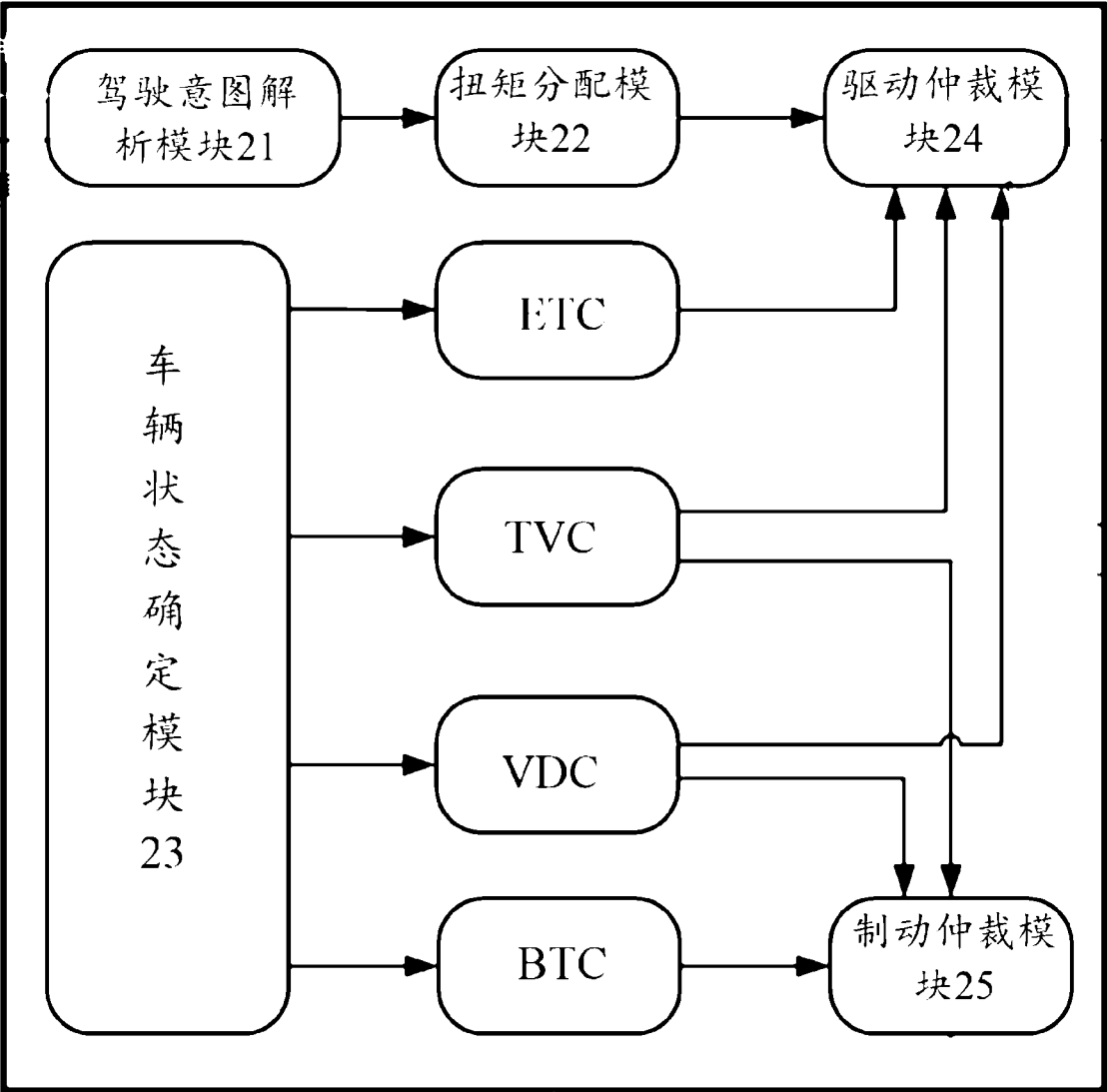


图 4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2024/102453

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B60L15/20(2006.01)i; B60T8/1755(2006.01)i; B60T8/17(2006.01)i; B60L15/32(2006.01)i; B60W10/08(2006.01)i;
B60W10/18(2012.01)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)

IPC:B60L,B60T,B60W

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)

CNXTX, ENTXTC, VEN: 电动车, 电动汽车, 电动机, 电机, 转矩, 力矩, 扭矩, 极限, 上限, 最大, 防滑, 滑移, 滑转, 分布, 附加, 横摆, 底盘, 域控制器, 制动, motor, torque, max+, slid+, additional, yaw, moment, chassis, domain, controller, brake

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN 117002478 A (DONGFENG MOTOR GROUP CO., LTD.) 07 November 2023 (2023-11-07) claims 1-10, and figures 1-4	1-10
Y	CN 113997799 A (WUHAN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY) 01 February 2022 (2022-02-01) description, paragraphs 70-200, and figures 1-4	1-10
Y	CN 112721652 A (ZHEJIANG UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY) 30 April 2021 (2021-04-30) description, paragraphs 52-83, and figures 1-3	1-10
Y	CN 113978263 A (CHANGCHUN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY) 28 January 2022 (2022-01-28) description, paragraphs 108-195, and figures 1-2	1-10
Y	CN 113733929 A (BEIJING ZHONGCHEN RUITONG TECHNOLOGY CO., LTD.) 03 December 2021 (2021-12-03) description, paragraphs 86-107, and figures 1-8	1-10



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

16 August 2024

Date of mailing of the international search report

24 September 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/CN2024/102453

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	CN 111332132 A (BEIJING BAOWO AUTOMOBILE CO., LTD.) 26 June 2020 (2020-06-26) description, paragraphs 32-47	1-10
Y	CN 106794777 A (NTN TOYO BEARING CO., LTD.) 31 May 2017 (2017-05-31) description, paragraphs 55-78, and figures 1-5B	1-10
Y	CN 105667318 A (TOYOTA MOTOR CORP.) 15 June 2016 (2016-06-15) description, paragraphs 67-113, and figures 1-6	1-10
Y	CN 112810588 A (BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY) 18 May 2021 (2021-05-18) description, paragraphs 74-192, and figures 1-6	1-10
Y	CN 112109705 A (TONGJI UNIVERSITY) 22 December 2020 (2020-12-22) description, paragraphs 90-100, and figures 1-9	1-10
Y	CN 105751919 A (UNIVERSITY OF ELECTRONIC SCIENCE AND TECHNOLOGY OF CHINA) 13 July 2016 (2016-07-13) description, specific embodiments, and figures 1-4	1-3, 5-7
A	US 2022080953 A1 (HYUNDAI MOTOR CO., LTD. et al.) 17 March 2022 (2022-03-17) entire document	1-10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2024/102453

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	117002478	A	07 November 2023	None			
CN	113997799	A	01 February 2022	None			
CN	112721652	A	30 April 2021	None			
CN	113978263	A	28 January 2022	None			
CN	113733929	A	03 December 2021	None			
CN	111332132	A	26 June 2020	None			
CN	106794777	A	31 May 2017	WO	2016035665	A1	10 March 2016
				WO	2016035665	A8	02 March 2017
				EP	3190000	A1	12 July 2017
				EP	3190000	A4	02 May 2018
				EP	3190000	B1	17 March 2021
				JP	2016052208	A	11 April 2016
				JP	6472626	B2	20 February 2019
				US	2017166203	A1	15 June 2017
				US	10093308	B2	09 October 2018
CN	105667318	A	15 June 2016	US	2016159225	A1	09 June 2016
				US	10046643	B2	14 August 2018
				JP	2016107766	A	20 June 2016
				JP	6241616	B2	06 December 2017
CN	112810588	A	18 May 2021	None			
CN	112109705	A	22 December 2020	None			
CN	105751919	A	13 July 2016	None			
US	2022080953	A1	17 March 2022	KR	20220037538	A	25 March 2022
				US	11718285	B2	08 August 2023
				DE	102021121549	A1	17 March 2022

A. 主题的分类

B60L15/20(2006.01)i; B60T8/1755(2006.01)i; B60T8/17(2006.01)i; B60L15/32(2006.01)i; B60W10/08(2006.01)i; B60W10/18(2012.01)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)

IPC:B60L,B60T,B60W

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))

CNTEXT,ENTXTC,VEN:电动车,电动汽车,电动机,电机,转矩,力矩,扭矩,极限,上限,最大,防滑,滑移,滑转,分布,附加,横摆,底盘,域控制器,制动,motor,torque,max+,slid+, additional,yaw,moment,chassis,domain,controller,brake

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
PX	CN 117002478 A (东风汽车集团股份有限公司) 2023年11月7日 (2023 - 11 - 07) 权利要求1-10, 图1-4	1-10
Y	CN 113997799 A (武汉理工大学) 2022年2月1日 (2022 - 02 - 01) 说明书第70-200段, 图1-4	1-10
Y	CN 112721652 A (浙江科技学院) 2021年4月30日 (2021 - 04 - 30) 说明书第52-83段, 图1-3	1-10
Y	CN 113978263 A (长春工业大学) 2022年1月28日 (2022 - 01 - 28) 说明书第108-195段, 图1-2	1-10
Y	CN 113733929 A (北京中辰瑞通科技有限公司) 2021年12月3日 (2021 - 12 - 03) 说明书第86-107段, 图1-8	1-10
Y	CN 111332132 A (北京宝沃汽车有限公司) 2020年6月26日 (2020 - 06 - 26) 说明书第32-47段	1-10
Y	CN 106794777 A (NTN株式会社) 2017年5月31日 (2017 - 05 - 31) 说明书第55-78段, 图1-5B	1-10

☒ 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8月16日

国际检索报告邮寄日期

2024年9月24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

林玉

电话号码 (+86) 010-53961146

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
Y	CN 105667318 A (丰田自动车株式会社) 2016年6月15日 (2016 - 06 - 15) 说明书第67-113段，图1-6	1-10
Y	CN 112810588 A (北京理工大学) 2021年5月18日 (2021 - 05 - 18) 说明书第74-192段，图1-6	1-10
Y	CN 112109705 A (同济大学) 2020年12月22日 (2020 - 12 - 22) 说明书第90-100段，图1-9	1-10
Y	CN 105751919 A (电子科技大学) 2016年7月13日 (2016 - 07 - 13) 说明书具体实施方式，图1-4	1-3,5-7
A	US 2022080953 A1 (HYUNDAI MOTOR CO., LTD.等) 2022年3月17日 (2022 - 03 - 17) 全文	1-10

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号
PCT/CN2024/102453

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	117002478	A	2023年11月7日	无			
CN	113997799	A	2022年2月1日	无			
CN	112721652	A	2021年4月30日	无			
CN	113978263	A	2022年1月28日	无			
CN	113733929	A	2021年12月3日	无			
CN	111332132	A	2020年6月26日	无			
CN	106794777	A	2017年5月31日	WO	2016035665	A1	2016年3月10日
				WO	2016035665	A8	2017年3月2日
				EP	3190000	A1	2017年7月12日
				EP	3190000	A4	2018年5月2日
				EP	3190000	B1	2021年3月17日
				JP	2016052208	A	2016年4月11日
				JP	6472626	B2	2019年2月20日
				US	2017166203	A1	2017年6月15日
				US	10093308	B2	2018年10月9日
CN	105667318	A	2016年6月15日	US	2016159225	A1	2016年6月9日
				US	10046643	B2	2018年8月14日
				JP	2016107766	A	2016年6月20日
				JP	6241616	B2	2017年12月6日
CN	112810588	A	2021年5月18日	无			
CN	112109705	A	2020年12月22日	无			
CN	105751919	A	2016年7月13日	无			
US	2022080953	A1	2022年3月17日	KR	20220037538	A	2022年3月25日
				US	11718285	B2	2023年8月8日
				DE	102021121549	A1	2022年3月17日