

(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
2023 年 6 月 1 日 (01.06.2023)



(10) 国际公布号
WO 2023/092347 A1

- (51) 国际专利分类号:
B60T 1/00 (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2021/132875
- (22) 国际申请日: 2021 年 11 月 24 日 (24.11.2021)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (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: 张永生(ZHANG, Yongsheng); 中国广东省深圳市龙岗区坂田华为总部办公楼, Guangdong 518129 (CN)。 杨维妙(YANG, Weimiao); 中国广东省深圳市龙岗区坂田华为总部办公楼,

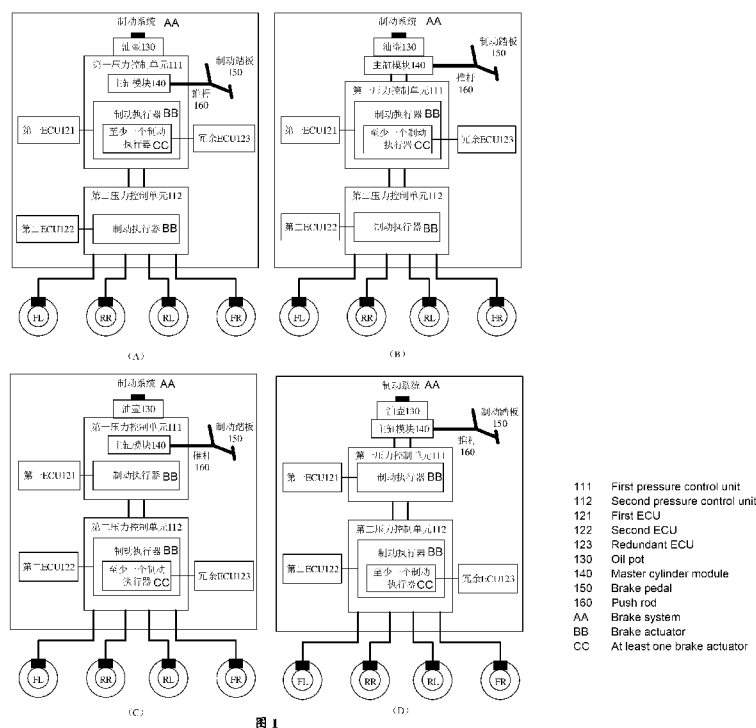
Guangdong 518129 (CN)。 吴锁平(WU, Suoping); 中国广东省深圳市龙岗区坂田华为总部办公楼, Guangdong 518129 (CN)。 靳彪(JIN, Biao); 中国广东省深圳市龙岗区坂田华为总部办公楼, Guangdong 518129 (CN)。 阙发松(QUE, Fasong); 中国广东省深圳市龙岗区坂田华为总部办公楼, Guangdong 518129 (CN)。

(74) 代理人: 北京同达信恒知识产权代理有限公司 (TDIP & PARTNERS); 中国北京市西城区裕民路 18 号北环中心 A 座 2002, Beijing 100029 (CN)。

(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,

(54) Title: BRAKE SYSTEM AND APPARATUS

(54) 发明名称: 一种制动系统及装置



(57) Abstract: A brake system and apparatus, which are applicable to the technical field of braking, and are used for reducing the complexity of adding redundant backup to a brake system. The brake system comprises an oil pot, a master cylinder module, a brake pedal, a push rod, a first pressure control unit, a second pressure control unit, a first ECU, a second ECU, and a redundant ECU, wherein the first ECU is used for controlling a brake actuator in the first pressure control unit, the second ECU is used for controlling a brake actuator in the second pressure control unit, and the redundant ECU is used for controlling at least one brake actuator in the first pressure

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:

— 包括国际检索报告 (条约第21条(3))。

control unit and/or at least one brake actuator in the second pressure control unit. In this way, redundant braking can be realized by means of one additionally provided ECU, without the need to additionally provide a new pressure control unit and a corresponding ECU, thereby facilitating the reduction in the complexity of adding redundant backup to the brake system, and thus reducing the difficulties of mounting and arrangement of the whole vehicle.

(57) 摘要: 一种制动系统及装置, 适用于制动技术领域, 用以降低在制动系统中添加冗余备份的复杂程度。其中, 制动系统包括油壶、主缸模块、制动踏板、推杆、第一压力控制单元、第二压力控制单元、第一ECU、第二ECU和冗余ECU, 第一ECU用于控制第一压力控制单元中的制动执行器, 第二ECU用于控制第二压力控制单元中的制动执行器, 而冗余ECU用于控制第一压力控制单元中的至少一个制动执行器和/或第二压力控制单元中的至少一个制动执行器。该方式通过额外设置的一个ECU即可实现冗余制动, 而不需要额外设置一套新的压力控制单元和对应的ECU, 有助于降低在制动系统中添加冗余备份的复杂程度, 进而降低整车安装布置的困难程度。

一种制动系统及装置

技术领域

本申请涉及制动技术领域，提供了一种制动系统及装置。

5 背景技术

制动系统是智能运输设备中最重要的系统之一，它关乎着驾驶员和乘客的生命安全及财产安全。例如，当智能运输设备前方存在障碍物而需要刹车时，如果制动系统失效，则智能运输设备可能会由于无法及时制动而撞上障碍物，进而严重影响驾驶员和乘客的安全。可见，拥有一个安全及可靠的制动系统对智能运输设备来说显得更为重要。

10 为提高制动系统的安全性和可靠性，通常需要在制动系统中添加冗余备份，冗余备份是指在原有的制动功能出现问题时，仍然能够通过其它方式实现制动。然而，现有技术通常直接在制动系统中添加一套冗余的压力控制单元和对应的电子控制单元，当原有的压力控制单元和电子控制单元出现问题时，制动系统通过切换至该套冗余的压力控制单元和电子控制单元以完成冗余备份。然而，这种冗余备份方式显然会极大地增加制动系统中所包
15 含的器件数量，进而增加了整车安装布置的困难程度，不利于降低制动系统的集成复杂度。

有鉴于此，本申请提供一种制动系统，用以降低在制动系统中添加冗余制动的复杂程度。

发明内容

20 本申请提供一种制动系统及装置，用以降低在制动系统中添加冗余备份的复杂程度。

第一方面，本申请提供一种制动系统，包括：油壶、主缸模块、制动踏板、推杆、第一压力控制单元、第二压力控制单元、第一电子控制单元（electronic control unit, ECU）、第二 ECU 和冗余 ECU，其中，制动踏板通过推杆连接主缸模块，油壶、主缸模块、第一压力控制单元和第二压力控制单元依次通过油路连接，且第二压力控制单元还通过油路连
25 接被制动轮。第一 ECU 用于控制第一压力控制单元中的制动执行器，第二 ECU 用于控制第二压力控制单元中的制动执行器，冗余 ECU 用于控制第一压力控制单元中的至少一个制动执行器，和/或，控制第二压力控制单元中的至少一个制动执行器，而第一压力控制单元和第二压力控制单元用于在第一 ECU、第二 ECU 和冗余 ECU 中的至少一个 ECU 的控制下，单独或联合完成对被制动轮的制动操作。

30 在上述设计中，通过对同一制动执行器设置至少两个用于控制的 ECU，能在其中部分 ECU 失效的情况下，利用另一部分 ECU 完成对该制动执行器的冗余控制，该方式通过额外设置的 ECU 即可实现冗余制动，而不需要额外设置一套新的压力控制单元和对应的 ECU，因此有助于降低在制动系统中添加冗余备份的复杂程度，进而降低整车安装布置的困难程度。且，上述设计中的至少两个压力控制单元能实现至少两重冗余制动，而通过至少两个
35 ECU 控制同一压力控制单元中的同一制动执行器，相当于在至少两重冗余制动基础上，进一步实现了至少三重冗余制动，至少三重冗余制动可以适配于 L2~L4 级乃至更高级的自动驾驶系统。可见，上述设计能通过设置尽可能少的部件增加至少两重冗余制动的车辆的冗余重数，有助于在节省成本及降低整车布局复杂性的基础上，进一步提高制动系统的冗余

制动能力。

一种可能的设计中，在冗余 ECU 控制第一压力控制单元中的至少一个制动执行器的情况下：当第一 ECU 未失效时，使用第一 ECU 控制第一压力控制单元中的制动执行器，当第一 ECU 失效时，使用冗余 ECU 控制第一压力控制单元中的制动执行器。在该设计中，
5 由于第一 ECU 所能控制的制动执行器多于或等于冗余 ECU 所能控制的制动执行器，因此，通过将第一 ECU 设置为默认生效的 ECU，不仅能使制动系统在默认状态下具有更为全面的制动功能，还能使制动系统在默认生效的 ECU 失效时灵活切换至冗余 ECU 以继续制动，有助于提高冗余控制的灵活性和可靠性。

一种可能的设计中，在冗余 ECU 控制第一压力控制单元中的至少一个制动执行器的情况下：第一压力控制单元在第一 ECU 或冗余 ECU 的控制下，能完成对被制动轮的基础制动操作或自动紧急刹车操作，第二压力控制单元在第二 ECU 的控制下，能完成对被制动轮的防抱死制动操作、牵引力控制操作或电子稳定性控制操作，而第一压力控制单元和
10 第二压力控制单元在第一 ECU 和第二 ECU、或者冗余 ECU 和第二 ECU 的控制下，能完成对被制动轮的基础制动操作、自动紧急刹车操作、防抱死制动操作、牵引力控制操作、电子稳定性控制操作、自适应巡航控制操作及附加制动操作。在该设计中，通过对第一压力控制单元添加冗余 ECU，即使第一 ECU 失效，也能由冗余 ECU 单独完成第一压力控制单元的原有制动功能，以及由冗余 ECU 配合第二 ECU 完成制动系统的全制动功能，有效保持制动系统的可用性。
15

一种可能的设计中，在冗余 ECU 控制第二压力控制单元中的至少一个制动执行器的情况下：当第二 ECU 未失效时，使用第二 ECU 控制第二压力控制单元中的制动执行器，当第二 ECU 失效时，使用冗余 ECU 控制第二压力控制单元中的制动执行器。在该设计中，
20 由于第二 ECU 所能控制的制动执行器多于或等于冗余 ECU 所能控制的制动执行器，因此，通过将第二 ECU 设置为默认生效的 ECU，不仅能使制动系统在默认状态下具有更为全面的制动功能，还能使制动系统在默认生效的 ECU 失效时灵活切换至冗余 ECU 以继续制动，有助于提高冗余控制的灵活性和可靠性。
25

一种可能的设计中，在冗余 ECU 控制第二压力控制单元中的至少一个制动执行器的情况下：第一压力控制单元在第一 ECU 的控制下，能完成对被制动轮的基础制动操作或自动紧急刹车操作，第二压力控制单元在第二 ECU 或冗余 ECU 的控制下，能完成对制动轮的防抱死制动操作、牵引力控制操作或电子稳定性控制操作，而第一压力控制单元和
30 第二压力控制单元在第一 ECU 和第二 ECU、或者第一 ECU 和冗余 ECU 的控制下，能完成对车轮的基础制动操作、自动紧急刹车操作、防抱死制动操作、牵引力控制操作、电子稳定性控制操作、自适应巡航控制操作及附加制动操作。在该设计中，通过对第二压力控制单元添加冗余 ECU，即使第二 ECU 失效，也能由冗余 ECU 单独完成第二压力控制单元的原有制动功能，以及由冗余 ECU 配合第一 ECU 完成制动系统的全制动功能，有效保持制
35 动系统的可用性。

一种可能的设计中，主缸模块可以集成在第一压力控制单元内，以进一步提高制动系统的集成度，也可以独立于第一压力控制单元而单独存在，以灵活控制主缸模块中的油液的流入流出操作。

一种可能的设计中，制动执行器可以包括电机和/或电磁阀。如此，通过对制动系统中的常用器件设置冗余 ECU，能确保其它 ECU 无法控制这些常用器件时，及时切换至冗余
40

ECU 继续控制，有效保证制动系统的可靠性。

下面以冗余 ECU 控制第一压力控制单元中的至少一个制动执行器为例进行介绍，冗余 ECU 控制第二压力控制单元中的至少一个制动执行器的方案可以参照执行，此处不再重复赘述。

5 本申请实施例中，第一 ECU 和冗余 ECU 可以通过如下任一方式进行集成：

集成方式一

一种可能的设计中，制动系统中还可以包括第一印刷电路板（printed circuit board, PCB）、第二 PCB 和板间连接器，第一 ECU 和冗余 ECU 中的功率大于功率阈值的第一类型器件设置于第一 PCB，第一 ECU 和冗余 ECU 中的功率不大于功率阈值的第二类型器件设置于第二 PCB，且第一 PCB 上的任一 ECU 中的第一类型器件通过板间连接器连接第二 PCB 上的 ECU 中的第二类型器件。如此，通过在一个 PCB 上集成大功率器件，在另一个 PCB 上集成小功率器件，不仅能实现对大功率器件和小功率器件的分类管理，还能通过分散部署两个 ECU 中的全部部件，使得每个 PCB 所承载的部件数量减少，进而减小每个 PCB 的幅面面积，降低每个 PCB 的承重。

15 一种可能的设计中，制动系统中还可以包括支撑架，第一 PCB 和第二 PCB 通过支撑架固定连接，以确保第一 PCB 和第二 PCB 的相对位置不变，保持制动过程中的稳定性。

一种可能的设计中，支撑架可以位于最顶层，第二 PCB 可以位于最底层，第一 PCB 位于支撑架和第二 PCB 的中间，且第一 PCB 上开孔，支撑架穿过开孔固定连接第一 PCB 和第二 PCB。如此，承载小功率器件的第二 PCB 的相背于第一 PCB 的一侧未被遮挡，进而有助于第二 PCB 的散热。

一种可能的设计中，制动系统中还可以包括壳体，支撑架、第一 PCB 和第二 PCB 放置在壳体内，且支撑架的至少一端固定在壳体上。如此，由于小功率器件产生的热量相对较少，因此，通过使集成小功率器件的第二 PCB 紧靠壳体，还有助于通过壳体增大第二 PCB 的散热面积，进一步提高第二 PCB 的散热效果。

25 一种可能的设计中，第一类型器件可以设置于第一 PCB 的相对于支撑架的面，第二类型器件可以设置于第二 PCB 的相对于第一 PCB 的面。如此，通过在第一 PCB 和第二 PCB 的同一方向的面上部署大功率器件和小功率器件，还能有助于设置大功率器件和小功率器件之间的走线，降低实现集成的复杂程度。

一种可能的设计中，制动系统中还可以包括阀体，阀体用于容置受控部件，该情况下，任一 ECU 中的第一类型器件可以包括受控部件的驱动器，任一 ECU 中的第二类型器件可以包括微控制器，且第一 ECU 中的微控制器和冗余 ECU 中的微控制器还通过第二 PCB 上的走线实现连接。如此，不仅可以实现两个 ECU 之间的通信，还能通过两个 ECU 驱动同一受控部件，以实现两个 ECU 对同一受控部件的联合冗余控制。

一种可能的设计中，在受控部件包括电机、电磁阀和传感器的情况下，任一 ECU 中的第一类型器件可以包括电机的驱动器和电磁阀的驱动器，任一 ECU 中的第二类型器件可以包括微控制器和传感器的接口。如此，通过将小功率的微控制器和传感器的接口设置在一块 PCB 上，将大功率的驱动器设置在另一块 PCB 上，不仅有助于微控制器更为及时地获得传感器信息，还能通过分散部署降低微控制器所在 PCB 所产生的热量。

一种可能的设计中，第二 PCB 的幅面面积小于第一 PCB 的幅面面积。如此能在使第二 PCB 足够承载小功率器件的基础上，提高第二 PCB 的幅面的利用率，进一步提高集成

装置的集成度。

集成方式二

一种可能的设计中,制动系统中还可以包括第一PCB、第二PCB和支撑架,第一PCB和第二PCB通过支撑架固定连接,且第一ECU中的器件设置于第一PCB,冗余ECU中的器件设置于第二PCB。如此,通过将两个ECU中的部件分别集成在不同的PCB,不仅能减少每个PCB所承载的部件数量,进而有助于减小每个PCB的幅面面积,降低每个PCB的承重,还能实现两个ECU在物理结构上的解耦,便于集成装置的开发和设计。

一种可能的设计中,制动系统中还可以包括板间连接器,任一ECU中的器件包括微控制器,且第一ECU中的微控制器通过板间连接器连接冗余ECU中的微控制器,以便通过板间连接器实现两个PCB上的两个ECU之间的通信。

一种可能的设计中,制动系统中还可以包括阀体,阀体用于容置受控部件,该情况下,任一ECU中的器件还可以包括受控部件的驱动器,第一ECU中的微控制器通过第一PCB上的走线连接第一ECU中的受控部件的驱动器,而冗余ECU中的微控制器通过第二PCB上的走线连接冗余ECU中的受控部件的驱动器,如此可实现两个ECU对同一受控部件的联合冗余控制。

一种可能的设计中,受控部件包括电机、电磁阀和传感器的情况下,任一ECU中的器件还可以包括电机的驱动器、电磁阀的驱动器和传感器的接口,以便使任一ECU能顺利接收传感器信息,进而依赖于传感器信息准确驱动电机或电磁阀。

一种可能的设计中,制动系统中还可以包括壳体,支撑架、第一PCB和第二PCB放置在壳体内,且支撑架的至少一端固定在壳体上。如此,壳体能够起到固定支撑架的作用,以便依靠壳体的稳固特性,提高固定连接两个PCB的稳定性。

一种可能的设计中,支撑架可以位于最顶层,第二PCB可以位于最底层,第一PCB位于支撑架和第二PCB的中间,且第一PCB上开孔,支撑架穿过开孔固定连接第一PCB和第二PCB。如此可使第二PCB相背于第一PCB的一侧紧靠壳体,进而还能通过壳体增大第二PCB的散热面积,以便提高第二PCB的散热效果。

一种可能的设计中,第一ECU中的器件设置于第一PCB的相对于支撑架的面,冗余ECU中的器件设置于第二PCB的相对于第一PCB的面。如此,通过在第一PCB和第二PCB的同一方向的面上部署第一ECU中的器件和冗余ECU中的器件,还能便于在板间连接器中设置第一ECU的器件和冗余ECU的器件之间的走线,降低集成的复杂程度。

集成方式三

一种可能的设计中,制动系统中还可以包括PCB,第一ECU中的器件和冗余ECU中的器件集成于PCB。如此,通过将两个ECU中的部件都集成在同一PCB上,相比于集成在两个PCB上的方案来说,能有效减小集成装置的高度。且,该设计还能将所有相关器件的接口都设置在一个PCB单板上,因此还能通过一次压接的方式将部件和PCB上的器件的接口全部连接在一起,从而还有助于简化集成工艺。

一种可能的设计中,任一ECU中的器件可以包括微控制器,且第一ECU中的微控制器通过PCB上的走线连接冗余ECU中的微控制器,以便实现两个ECU之间的通信。

一种可能的设计中,制动系统中还可以包括阀体,阀体用于容置受控部件,该情况下,任一ECU中的器件还可以包括受控部件的驱动器,且ECU中的微控制器通过PCB上的走线连接ECU中的受控部件的驱动器,如此可实现两个ECU对同一受控部件的联合冗余控

制。

一种可能的设计中，受控部件包括电机、电磁阀和传感器的情况下，任一 ECU 中的器件还可以包括电机的驱动器和电磁阀的驱动器和传感器的接口，以便使任一 ECU 能顺利接收传感器信息，进而依赖于传感器信息准确驱动电机或电磁阀。

5 一种可能的设计中，制动系统中还可以包括壳体，支撑架和 PCB 放置在壳体内，且支撑架的至少一端固定在壳体上。如此，壳体能够起到固定支撑架的作用，以便依靠壳体的稳固特性，提高固定 PCB 的稳定性。

一种可能的设计中，支撑架可以位于最顶层，PCB 可以位于最底层且紧贴壳体的下壳，以便通过壳体增大 PCB 的散热面积，进一步提高 PCB 的散热效果。

10 一种可能的设计中，第一 ECU 中的器件和冗余 ECU 中的器件设置于 PCB 的相对于支撑架的面。如此，两个 ECU 中的器件还能通过 PCB 的同一个面上所设置的走线实现连接，简化 PCB 上的走线部署方式，降低集成的复杂程度。

本申请实施例中，第一 ECU 和冗余 ECU 可以通过如下任一方式接入电机或电磁阀：
电机接入方式一

15 一种可能的设计中，制动执行器包括电机，电机包括三相绕组，第一 ECU 和冗余 ECU 通过线路分别连接三相绕组，第一 ECU 为默认生效的 ECU 的情况下，当第一 ECU 未故障的情况下，使用第一 ECU 向三相绕组提供三相交流电，当第一 ECU 故障的情况下，使用冗余 ECU 向三相绕组提供三相交流电。在该设计中，制动系统可以直接复用电机中的三相绕组实现两个 ECU 对同一电机的冗余控制，而无需额外添加其它的绕组，因此不仅能直接兼容于现有的电机，还有助于节省成本。

20 一种可能的设计中，第一 ECU 在向三相绕组提供三相交流电的过程中，还可以检测第一 ECU 与三相绕组中的每相绕组的连接线路上的电流，在与三相绕组中的任一相绕组的连接线路上的电流小于阈值时，向冗余 ECU 发送补充指示，冗余 ECU 根据补充指示，通过冗余 ECU 与该相绕组的连接线路，向该相绕组提供补充电信号。如此，制动系统能在一个 ECU 向某个绕组提供电信号的过程出现故障时，通过另一个 ECU 向该绕组补充电信号，而另外两个绕组上的电信号则仍然可以由原来的 ECU 提供，也即是说，无需将全部绕组的电信号提供过程都切换到另一个 ECU 上，如此可通过少量的切换操作，在提高切换稳定性的基础上，保证三相电流的准确供给。

25 一种可能的设计中，制动系统中还可以包括切换电路，切换电路设置在第一 ECU 与三相绕组的连接线路、以及冗余 ECU 与三相绕组的连接线路上，切换电路用于在第一 ECU 未失效的情况下，导通第一 ECU 与三相绕组的连线，并断开冗余 ECU 与三相绕组的连线，在第一 ECU 失效的情况下，导通冗余 ECU 与三相绕组的连线，并断开第一 ECU 与三相绕组的连线。如此，即使某一个原本不应该提供三相交流电的 ECU 也向电机输出三相交流电，也能通过切换电路切断该 ECU 对电机的驱动链路，保证电机只在另一 ECU 的驱动下工作，有效提高冗余控制的准确性。

30 一种可能的设计中，第一 ECU 可以在与第一相绕组的连接线路上的电流小于阈值时，一方面向冗余 ECU 发送补充指示，另一方面还向切换电路发送第一切换指示，而切换电路在接收到第一切换指示后，导通冗余 ECU 与第一相绕组的连接线路，以便使冗余 ECU 所提供的补充电信号顺利传输至电机的该相绕组。

40 一种可能的设计中，第一 ECU 在向三相绕组提供三相交流电的过程中，还可以检测

第一 ECU 与三相绕组中的每相绕组的连接线路上的电流,在与三相绕组中的任一相绕组的连接线路上的电流小于阈值时,向冗余 ECU 发送生效指示,并停止向三相绕组提供三相交流电,而冗余 ECU 接收到生效指示后,通过冗余 ECU 与三相绕组的连接线路,向三相绕组提供三相交流电。如此,通过在一个 ECU 的驱动过程出现问题时,及时切换至另一 ECU 进行驱动,能避免使用存在故障的 ECU 继续驱动,维持电机驱动的准确性。

一种可能的设计中,制动系统中还可以包括切换电路,切换电路设置在第一 ECU 与三相绕组的连接线路、以及冗余 ECU 与三相绕组的连接线路上,第一 ECU 在与任一相绕组的连接线路上的电流小于阈值时,一方面可以向冗余 ECU 发送生效指示,另一方面还可以向切换电路发送第二切换指示,而切换电路在接收到第二切换指示后,断开第一 ECU 与三相绕组的连接线路,以及导通冗余 ECU 与三相绕组的连接线路。如此,既能使冗余 ECU 所提供的三相交流电顺利传输至电机的三相定子绕组,又能截断由于第一 ECU 故障而仍向三相定子绕组所提供的三相交流电,有效确保电机驱动的准确性。

电机接入方式二

一种可能的设计中,制动执行器包括电机,电机包括第一组三相绕组和第二组三相绕组,第一 ECU 通过线路连接第一组三相绕组,冗余 ECU 通过线路连接第二组三相绕组,第一 ECU 为默认生效的 ECU 的情况下,当第一 ECU 未故障时,使用第一 ECU 向第一组三相绕组提供三相交流电,当第一 ECU 故障时,使用冗余 ECU 向第二组三相绕组提供三相交流电。在该设计中,通过在电机中额外添加一组三相绕组,能通过每个 ECU 对各自对应的三相绕组的电信号,实现对电机的准确驱动,避免某一 ECU 的电信号对另一 ECU 的电信号造成干扰。

一种可能的设计中,第一组三相绕组和第二组三相绕组可以均缠绕在电机的铁芯的整个区域,但缠绕在铁芯上的方向不同,或者,第一组三相绕组和第二组三相绕组可以缠绕在电机的铁芯的不同区域,又或者,第一组三相绕组和第二组三相绕组的部分绕组缠绕在电机的铁芯的同一区域,而另一部分绕组缠绕在电机的铁芯的不同区域。

一种可能的设计中,第一 ECU 在向第一组三相绕组提供三相交流电的过程中,还可以检测第一 ECU 与第一组三相绕组中的每相绕组的连接线路上的电流,在与任一相绕组的连接线路上的电流小于阈值时,向冗余 ECU 发送生效指示,并停止向第一组三相绕组提供三相交流电,而冗余 ECU 在接收到生效指示后,通过冗余 ECU 与第二组三相绕组的连接线路,向第二组三相绕组提供三相交流电。如此,即使某一个 ECU 向某一组三相绕组提供电信号的过程出现故障导致无法驱动电机,也能通过另一个 ECU 向另一组三相绕组所提供的三相交流电来继续驱动电机,以在实现电机冗余控制的同时提高切换的及时性。

一种可能的设计中,制动系统中还可以包括切换电路,切换电路设置在第一 ECU 与第一组三相绕组的连接线路、以及冗余 ECU 与第二组三相绕组的连接线路上,第一 ECU 在与任一相绕组的连接线路上的电流小于阈值时,一方面可以向冗余 ECU 发送生效指示,另一方面还可以向切换电路发送切换指示,而切换电路接收到切换指示后,可以断开第一 ECU 与第一组三相绕组的连接线路,并导通冗余 ECU 与第二组三相绕组的连接线路。如此,既能使冗余 ECU 所提供的三相交流电能顺利传输至电机的第二组三相绕组,又能截断由于第一 ECU 故障而仍向第一组三相绕组所提供的三相交流电,有效确保电机驱动的准确性。

电磁阀接入方式一

一种可能的设计中，制动执行器包括电磁阀，电磁阀包括双线圈，第一 ECU 和冗余 ECU 通过线路分别连接双线圈，第一 ECU 为默认生效的 ECU 的情况下，当第一 ECU 未故障时，使用第一 ECU 向双线圈提供直流电，当第一 ECU 故障时，使用冗余 ECU 向双线圈提供直流电。如此，该设计能够复用电磁阀中的双线圈实现两个 ECU 对同一电磁阀的冗余驱动，而无需额外新增其它的线圈，因此不仅能直接兼容于现有的电磁阀，还有助于节省成本。

一种可能的设计中，第一 ECU 在向双线圈提供直流电的过程中，还可以检测第一 ECU 与双线圈中的每个线圈的连接线路上的电流，在与双线圈中的任一线圈的连接线路上的电流小于阈值时，向冗余 ECU 发送补充指示，而冗余 ECU 在接收到补充指示后，通过冗余 ECU 与该线圈的连接线路，向该线圈提供补充电信号。通过该设计，在一个 ECU 向某个线圈提供电信号的过程出现故障时，能通过另一个 ECU 向该线圈补充电信号，而另外一个线圈上的电信号则仍然可以由原来的 ECU 提供，也即是说，无需将全部线圈的电信号提供过程都切换到另一个 ECU 上，如此可通过少量的切换操作，在提高切换稳定性的基础上，通过两个 ECU 联合向电磁阀供给准确的直流电。

一种可能的设计中，制动系统中还可以包括切换电路，切换电路设置在第一 ECU 与双线圈的连接线路、以及冗余 ECU 与双线圈的连接线路上，切换电路用于在第一 ECU 未失效时，导通第一 ECU 与双线圈的连接线路，并断开冗余 ECU 与双线圈的连接线路，在第一 ECU 失效时，导通冗余 ECU 与双线圈的连接线路，并断开第一 ECU 与双线圈的连接线路。如此，即使某一个原本不应该提供直流电的 ECU 也向电磁阀输出直流电，也能通过切换电路切断该 ECU 对电磁阀的驱动链路，保证电磁阀只在另一 ECU 的驱动下工作，有效提高冗余控制的准确性。

一种可能的设计中，第一 ECU 在与第一线圈的连接线路上的电流小于阈值时，一方面可以向冗余 ECU 发送切换指示，另一方面还可以向切换电路发送第一切换指示，而切换电路在接收到第一切换指示后，导通冗余 ECU 与上述线圈的连接线路，以便使冗余 ECU 所提供的补充电信号顺利传输至电磁阀的该线圈。

一种可能的设计中，第一 ECU 在向双线圈提供直流电的过程中，还可以检测第一 ECU 与双线圈中的每个线圈的连接线路上的电流，在与任一个线圈的连接线路上的电流小于阈值时，向冗余 ECU 发送生效指示，并停止向双线圈提供直流电，而冗余 ECU 在接收到生效指示后，通过冗余 ECU 与双线圈的连接线路，向双线圈提供直流电。如此，通过在一个 ECU 的驱动过程出现问题时，及时切换至另一 ECU 进行驱动，能避免使用存在故障的 ECU 继续驱动，维持电磁阀驱动的准确性。

一种可能的设计中，制动系统中还可以包括切换电路，切换电路设置在第一 ECU 与双线圈的连接线路、以及冗余 ECU 与双线圈的线路上，第一 ECU 在与任一线圈的连接线路上的电流小于阈值时，一方面可以向冗余 ECU 发送生效指示，另一方面还可以向切换电路发送第二切换指示，而切换电路在接收到第二切换指示后，可以导通冗余 ECU 与双线圈的连接线路，并断开第一 ECU 与双线圈的连接线路。通过该设计，不仅能使冗余 ECU 所提供的直流电顺利传输至电磁阀的双线圈，同时又能截断由于第一 ECU 故障而仍向双线圈所提供的直流电，确保电磁阀驱动的准确性。

电磁阀接入方式二

一种可能的设计中，制动执行器包括电磁阀，电磁阀包括第一正极线圈、第二正极线

圈和负极线圈，第一 ECU 通过线路连接第一正极线圈和负极线圈，冗余 ECU 通过线路连接第二正极线圈和负极线圈，第一 ECU 为默认生效的 ECU 的情况下，当第一 ECU 未故障时，使用第一 ECU 向第一正极线圈和负极线圈提供直流电，当第一 ECU 故障时，使用冗余 ECU 向第二正极线圈和负极线圈提供直流电。在该设计中，通过复用电磁阀中的负极线圈，并单独设置两个 ECU 对应的正极线圈，既能降低电磁阀设置的复杂性，节省成本，又能尽量降低一个 ECU 的电信号对另一个 ECU 驱动的干扰。

一种可能的设计中，第一 ECU 在向第一正极线圈和负极线圈提供直流电的过程中，还可以检测第一 ECU 与负极线圈的连接线路上的电流，在与负极线圈的连接线路上的电流小于阈值时，向冗余 ECU 发送补充指示，而冗余 ECU 在接收到补充指示后，可以通过冗余 ECU 与负极线圈的连接线路，向负极线圈提供电信号。在该设计中，在一个 ECU 向负极线圈提供电信号的过程出现故障时，通过另一个 ECU 向负极线圈补充电信号，而第一正极线圈上的电信号则仍然可以由原来的 ECU 提供，也即是说，无需将第一正极线圈和负极线圈的电信号提供过程都切换到另一个 ECU 上，如此可通过少量的切换操作，在提高切换稳定性的基础上，通过两个 ECU 向负极线圈提供足够的电信号。

一种可能的设计中，制动系统中还可以包括切换电路，切换电路设置在第一 ECU 与第一正极线圈的连接线路、第一 ECU 与负极线圈的连接线路、冗余 ECU 与第二正极线圈的连接线路、以及冗余 ECU 与负极线圈的连接线路上，切换电路用于在第一 ECU 未失效的情况下，导通第一 ECU 与第一正极线圈的连接线路以及第一 ECU 与负极线圈的连接线路，并断开冗余 ECU 与第二正极线圈的连接线路以及冗余 ECU 与负极线圈的连接线路，在第一 ECU 失效的情况下，导通冗余 ECU 与第二正极线圈的连接线路以及冗余 ECU 与负极线圈的连接线路，并断开第一 ECU 与第一正极线圈的连接线路以及第一 ECU 与负极线圈的连接线路。如此，即使某一个原本不应该提供直流电的 ECU 也向电磁阀输出直流电，也能通过切换电路切断该 ECU 对电磁阀的驱动链路，保证电磁阀只在另一 ECU 的驱动下工作，有效提高冗余控制的准确性。

一种可能的设计中，第一 ECU 在与负极线圈的连接线路上的电流小于阈值时，一方面可以向冗余 ECU 发送切换指示，另一方面还可以向切换电路发送第一切换指示，而切换电路在接收到第一切换指示后，可以导通冗余 ECU 与负极线圈的连接线路，以便使冗余 ECU 所提供的补充电信号顺利传输至电磁阀的负极线圈。

一种可能的设计中，第一 ECU 在向第一正极线圈和负极线圈提供直流电的过程中，还可以检测第一 ECU 与第一正极线圈和负极线圈中的每个线圈的连接线路上的电流，在与任一个线圈的连接线路上的电流小于阈值时，向冗余 ECU 发送生效指示，并停止向第一正极线圈和负极线圈提供直流电，而冗余 ECU 在接收到生效指示后，通过冗余 ECU 与第二正极线圈和负极线圈的连接线路，向第二正极线圈和负极线圈提供直流电。如此，通过在一个 ECU 的驱动过程出现问题时，及时切换至另一 ECU 进行驱动，能避免使用存在故障的 ECU 继续驱动，维持电磁阀驱动的准确性。

一种可能的设计中，制动系统中还可以包括切换电路，切换电路设置在第一 ECU 与第一正极线圈的连接线路、第一 ECU 与负极线圈的连接线路、冗余 ECU 与第二正极线圈的连接线路、以及冗余 ECU 与负极线圈的连接线路上，第一 ECU 在与任一个线圈的连接线路上的电流小于阈值时，一方面可以向冗余 ECU 发送生效指示，另一方面还可以向切换电路发送第二切换指示，而切换电路在接收到第二切换指示后，可以导通冗余 ECU 与

第二正极线圈的连接线路和冗余 ECU 与负极线圈的连接线路，并断开第一 ECU 与第一正极线圈的连接线路和第一 ECU 与负极线圈的连接线路。如此，既能使冗余 ECU 所提供的直流电顺利传输至电磁阀的第二组双线圈，同时又能截断由于第一 ECU 故障而仍向第一组双线圈所提供的直流电，确保电磁阀驱动的准确性。

5 电磁阀接入方式三

一种可能的设计中，制动执行器包括电磁阀，电磁阀包括第一组双线圈和第二组双线圈，第一 ECU 通过线路连接第一组双线圈，冗余 ECU 通过线路连接第二组双线圈，第一 ECU 为默认生效的 ECU 的情况下，当第一 ECU 未故障时，使用第一 ECU 向第一组双线圈提供直流电，当第一 ECU 故障时，使用冗余 ECU 向第二组双线圈提供直流电。在该设计中，通过在电磁阀中额外添加一组双线圈，能通过每个 ECU 对各自对应的双线圈的电信号，实现对电磁阀的准确驱动，避免某一 ECU 的电信号对另一 ECU 的电信号造成干扰。

一种可能的设计中，第一组双线圈和第二组双线圈可以都缠绕在电磁阀的铁芯的整个区域，但缠绕在铁芯上的方向不同，或者，第一组双线圈和第二组双线圈可以缠绕在电磁阀的铁芯的不同区域，又或者，第一组双线圈和第二组双线圈的部分线圈缠绕在电磁阀的铁芯的同一区域，另一部分线圈缠绕在电磁阀的铁芯的不同区域。

一种可能的设计中，第一 ECU 在向第一组双线圈提供直流电的过程中，还可以检测第一 ECU 与第一组双线圈中的每个线圈的连接线路上的电流，在与任一个线圈的连接线路上的电流小于阈值时，向冗余 ECU 发送生效指示，并停止向第一组双线圈提供直流电，而冗余 ECU 在接收到生效指示后，可以通过冗余 ECU 与第二组双线圈的连接线路，向第二组双线圈提供直流电。该设计能在一个 ECU 向某一组双线圈提供电信号的过程出现故障导致无法驱动电磁阀时，通过另一个 ECU 向另一组双线圈提供的直流电来驱动电磁阀，以便实现电磁阀冗余控制的同时提高切换的及时性。

一种可能的设计中，制动系统中还可以包括切换电路，切换电路设置在第一 ECU 与第一组双线圈的连接线路、以及冗余 ECU 与第二组双线圈的连接线路上，第一 ECU 在与任一个线圈的连接线路上的电流小于阈值时，一方面可以向冗余 ECU 发送生效指示，另一方面还可以向切换电路发送切换指示，而切换电路在接收到切换指示后，可以导通冗余 ECU 与第二组双线圈的连接线路，并断开第一 ECU 与第一组双线圈的连接线路。如此，既能使冗余 ECU 所提供的直流电能顺利传输至电磁阀的第二组双线圈，同时又能截断由于第一 ECU 故障而仍向第一组双线圈所提供的直流电，确保电磁阀驱动的准确性。

第二方面，本申请提供一种集成装置，包括：第一 ECU、第二 ECU、第一 PCB、第二 PCB 和板间连接器，第一 ECU 和第二 ECU 中的功率大于功率阈值的第一类型器件设置于第一 PCB，第一 ECU 和第二 ECU 中的功率不大于功率阈值的第二类型器件设置于第二 PCB，且第一 PCB 上的任一 ECU 中的第一类型器件通过板间连接器连接第二 PCB 上的 ECU 中的第二类型器件。如此，通过在一个 PCB 上集成大功率器件，在另一个 PCB 上集成小功率器件，不仅能实现对大功率器件和小功率器件的分类管理，还能通过分散部署两个 ECU 中的全部部件，使得每个 PCB 所承载的部件数量减少，进而减小每个 PCB 的幅面面积，降低每个 PCB 的承重。

一种可能的设计中，集成装置中还可以包括支撑架，第一 PCB 和第二 PCB 通过支撑架固定连接，如此确保第一 PCB 和第二 PCB 的相对位置不变，保持连接的稳定性。

一种可能的设计中，支撑架可以位于最顶层，第二 PCB 可以位于最底层，第一 PCB

位于支撑架和第二 PCB 的中间，且第一 PCB 上开孔，支撑架穿过开孔固定连接第一 PCB 和第二 PCB。如此可使承载小功率器件的第二 PCB 的相背于第一 PCB 的一侧不被遮挡，进而有助于提高第二 PCB 的散热效果。

一种可能的设计中，第一类型器件可以设置于第一 PCB 的相对于支撑架的面，第二类型器件可以设置于第二 PCB 的相对于第一 PCB 的面。如此，通过在第一 PCB 和第二 PCB 的同一方向的面上部署大功率器件和小功率器件，还能有助于设置大功率器件和小功率器件之间的走线，降低实现集成的复杂程度。

一种可能的设计中，集成装置中还可以包括阀体，阀体用于容置受控部件，该情况下，任一 ECU 中的第一类型器件可以包括受控部件的驱动器，任一 ECU 中的第二类型器件可以包括微控制器，且第一 ECU 中的微控制器和第二 ECU 中的微控制器还可以通过第二 PCB 上的走线实现连接。如此，不仅可以实现两个 ECU 之间的通信，还能通过两个 ECU 驱动同一受控部件，以实现两个 ECU 对同一受控部件的联合冗余控制。

一种可能的设计中，受控部件包括电机、电磁阀和传感器的情况下，任一 ECU 中的第一类型器件可以包括电机的驱动器和电磁阀的驱动器，任一 ECU 中的第二类型器件可以包括微控制器和传感器的接口。如此，通过将小功率的微控制器和传感器的接口设置在一块 PCB 上，将大功率的驱动器设置在另一块 PCB 上，不仅有助于微控制器更为及时地获得传感器信息，还能通过分散部署降低微控制器所在 PCB 所产生的热量。

一种可能的设计中，集成装置中还可以包括壳体，支撑架、第一 PCB 和第二 PCB 放置在壳体内，且支撑架的至少一端固定在壳体上。如此，由于小功率器件产生的热量相对较少，因此，通过使集成小功率器件的第二 PCB 紧靠壳体，还有助于通过壳体增大第二 PCB 的散热面积，进一步提高第二 PCB 的散热效果。

一种可能的设计中，第二 PCB 的幅面面积可以小于第一 PCB 的幅面面积，以便在使第二 PCB 足够承载小功率器件的基础上，提高第二 PCB 的幅面的利用率，进一步提高集成装置的集成度。

第三方面，本申请提供一种集成装置，包括：第一 ECU、第二 ECU、第一 PCB、第二 PCB 和支撑架，第一 PCB 和第二 PCB 通过支撑架固定连接，第一 ECU 中的器件设置于第一 PCB，第二 ECU 中的器件设置于第二 PCB。如此，通过将两个 ECU 中的部件分别集成在不同的 PCB，不仅能减少每个 PCB 所承载的部件数量，进而有助于减小每个 PCB 的幅面面积，降低每个 PCB 的承重，还能实现两个 ECU 在物理结构上的解耦，便于集成装置的开发和设计。

一种可能的设计中，集成装置中还可以包括板间连接器，任一 ECU 中的器件可以包括微控制器，且第一 ECU 中的微控制器通过板间连接器连接第二 ECU 中的微控制器，以便通过板间连接器实现两个 PCB 上的两个 ECU 之间的通信。

一种可能的设计中，集成装置中还可以包括阀体，阀体用于容置受控部件，该情况下，任一 ECU 中的器件还可以包括受控部件的驱动器，第一 ECU 中的微控制器通过第一 PCB 上的走线连接第一 ECU 中的受控部件的驱动器，而第二 ECU 中的微控制器通过第二 PCB 上的走线连接第二 ECU 中的受控部件的驱动器，如此可实现两个 ECU 对同一受控部件的联合冗余控制。

一种可能的设计中，受控部件包括电机、电磁阀和传感器的情况下，任一 ECU 中的器件还可以包括电机的驱动器、电磁阀的驱动器和传感器的接口，以便使任一 ECU 能顺

利接收传感器信息，进而依赖于传感器信息准确驱动电机或电磁阀。

一种可能的设计中，集成装置中还可以包括壳体，支撑架、第一 PCB 和第二 PCB 放置在壳体内，且支撑架的至少一端固定在壳体上。如此，壳体能够起到固定支撑架的作用，以便依靠壳体的稳固特性，提高固定连接两个 PCB 的稳定性。

5 一种可能的设计中，支撑架可以位于最顶层，第二 PCB 可以位于最底层，第一 PCB 位于支撑架和第二 PCB 的中间，且第一 PCB 上开孔，支撑架穿过开孔固定连接第一 PCB 和第二 PCB。如此，可使第二 PCB 相背于第一 PCB 的一侧紧靠壳体，进而还能通过壳体增大第二 PCB 的散热面积，以便提高第二 PCB 的散热效果。

10 一种可能的设计中，第一 ECU 中的器件可以设置于第一 PCB 的相对于支撑架的面，第二 ECU 中的器件可以设置于第二 PCB 的相对于第一 PCB 的面。如此，通过在第一 PCB 和第二 PCB 的同一方向的面上部署第一 ECU 中的器件和第二 ECU 中的器件，还能便于在板间连接器中设置第一 ECU 的器件和第二 ECU 的器件之间的走线，降低集成的复杂程度。

15 第四方面，本申请提供一种集成装置，包括：第一 ECU、第二 ECU 和 PCB，第一 ECU 中的器件和第二 ECU 中的器件集成于 PCB。如此，通过将两个 ECU 中的部件都集成在同一 PCB 上，相比于集成在两个 PCB 上的方案来说，能有效减小集成装置的高度。且，该设计还能将所有相关器件的接口都设置在一个 PCB 单板上，因此还能通过一次压接的方式将部件和 PCB 上的器件的接口全部连接在一起，从而还有助于简化集成工艺。

一种可能的设计中，任一 ECU 中的器件可以包括微控制器，且第一 ECU 中的微控制器还可以通过 PCB 上的走线连接第二 ECU 中的微控制器，以便实现两个 ECU 之间的通信。

20 一种可能的设计中，集成装置中还可以包括阀体，阀体用于容置受控部件，该情况下，任一 ECU 中的器件还可以包括受控部件的驱动器，且 ECU 中的微控制器还可以通过 PCB 上的走线连接 ECU 中的受控部件的驱动器，如此可实现两个 ECU 对同一受控部件的联合冗余控制。

25 一种可能的设计中，受控部件包括电机、电磁阀和传感器的情况下，任一 ECU 中的器件还可以包括电机的驱动器和电磁阀的驱动器和传感器的接口，以便使任一 ECU 能顺利接收传感器信息，进而依赖于传感器信息准确驱动电机或电磁阀。

一种可能的设计中，集成装置中还可以包括壳体，支撑架和 PCB 放置在壳体内，且支撑架的至少一端固定在壳体上。如此，壳体能够起到固定支撑架的作用，以便依靠壳体的稳固特性，提高固定 PCB 的稳定性。

30 一种可能的设计中，支撑架可以位于最顶层，PCB 可以位于最底层且紧贴壳体的下壳，以便通过壳体增大 PCB 的散热面积，进一步提高 PCB 的散热效果。

一种可能的设计中，第一 ECU 中的器件和第二 ECU 中的器件可以设置于 PCB 的相对于支撑架的面。如此，两个 ECU 中的器件还能通过 PCB 的同一个面上所设置的走线实现连接，简化 PCB 上的走线部署方式，降低集成的复杂程度。

35 第五方面，本申请还提供一种制动装置，包括：第一 ECU、第二 ECU 和制动执行器，第一 ECU 和第二 ECU 分别连接制动执行器，用于单独或联合驱动制动执行器，以便实现两个 ECU 对同一制动执行器的冗余控制。

40 一种可能的设计中，制动执行器可以包括电机，电机包括三相绕组，第一 ECU 和第二 ECU 通过线路分别连接三相绕组，第一 ECU 为默认生效的 ECU 的情况下，第一 ECU 未故障时，使用第一 ECU 向三相绕组提供三相交流电，第一 ECU 故障时，使用第二 ECU

向三相绕组提供三相交流电。在该设计中，接入控制装置可以直接复用电机中的三相绕组实现两个 ECU 对同一电机的冗余控制，而无需额外添加其它的绕组，因此不仅能直接兼容于现有的电机，还有助于节省成本。

一种可能的设计中，第一 ECU 在向三相绕组提供三相交流电的过程中，还可以检测第一 ECU 与三相绕组中的每相绕组的连接线路上的电流，在与三相绕组中的第一相绕组的连接线路上的电流小于阈值时，向第二 ECU 发送补充指示，而第二 ECU 在接收到补充指示后，通过第二 ECU 与第一相绕组的连接线路，向第一相绕组提供补充电信号。其中，第一相绕组为三相绕组中的任一相绕组。如此，在一个 ECU 向某个绕组提供电信号的过程出现故障时，通过另一个 ECU 向该绕组补充电信号，而另外两个绕组上的电信号则仍然可以由原来的 ECU 提供，也即是说，无需将全部绕组的电信号提供过程都切换到另一个 ECU 上，如此可通过少量的切换操作，在提高切换稳定性的基础上，通过两个 ECU 联合向电机提供足够的三相电流。

一种可能的设计中，接入控制装置中还可以包括切换电路，切换电路设置在第一 ECU 与三相绕组的连接线路、以及第二 ECU 与三相绕组的连接线路上，切换电路用于在第一 ECU 未失效的情况下，导通第一 ECU 与三相绕组的连线，并断开第二 ECU 与三相绕组的连线，在第一 ECU 失效的情况下，导通第二 ECU 与三相绕组的连线，并断开第一 ECU 与三相绕组的连线。如此，即使某一个原本不应该提供三相交流电的 ECU 也向电机输出三相交流电，也能通过切换电路切断该 ECU 对电机的驱动链路，保证电机只在另一 ECU 的驱动下工作，有效提高冗余控制的准确性。

一种可能的设计中，第一 ECU 在与第一相绕组的连接线路上的电流小于阈值时，一方面可以向第二 ECU 发送补充指示，另一方面还可以向切换电路发送第一切换指示，而切换电路在接收到第一切换指示后，可以导通第二 ECU 与第一相绕组的连接线路，以便使第二 ECU 所提供的补充电信号顺利传输至电机的该相绕组。

一种可能的设计中，第一 ECU 在向三相绕组提供三相交流电的过程中，检测第一 ECU 与三相绕组中的每相绕组的连接线路上的电流，在与三相绕组中的任一相绕组的连接线路上的电流小于阈值时，向第二 ECU 发送生效指示，并停止向三相绕组提供三相交流电，而第二 ECU 在接收到生效指示后，通过第二 ECU 与三相绕组的连接线路，向三相绕组提供三相交流电。如此，通过在一个 ECU 的驱动过程出现问题时，及时切换至另一 ECU 进行驱动，能避免使用存在故障的 ECU 继续驱动，维持电机驱动的准确性。

一种可能的设计中，接入控制装置还可以包括切换电路，切换电路设置在第一 ECU 与三相绕组的连接线路、以及第二 ECU 与三相绕组的连接线路上，第一 ECU 在与任一相绕组的连接线路上的电流小于阈值时，向切换电路发送第二切换指示，而切换电路在接收到第二切换指示后，可以断开第一 ECU 与三相绕组的连接线路，以及导通第二 ECU 与三相绕组的连接线路。如此，既能使第二 ECU 所提供的三相交流电顺利传输至电机的三相定子绕组，又能截断由于第一 ECU 故障而仍向三相定子绕组所提供的三相交流电，有效确保电机驱动的准确性。

一种可能的设计中，制动执行器可以包括电机，电机包括第一组三相绕组和第二组三相绕组，第一 ECU 通过线路连接第一组三相绕组，第二 ECU 通过线路连接第二组三相绕组，第一 ECU 为默认生效的 ECU 的情况下，第一 ECU 未故障时，使用第一 ECU 向第一组三相绕组提供三相交流电，第一 ECU 故障时，使用第二 ECU 向第二组三相绕组提供三

相交流电。如此，通过在电机中额外添加一组三相绕组，能通过每个 ECU 对各自对应的三相绕组的电信号，实现对电机的准确驱动，避免某一 ECU 的电信号对另一 ECU 的电信号造成干扰。

一种可能的设计中，第一组三相绕组和第二组三相绕组可以均缠绕在电机的铁芯的整个区域，但缠绕在铁芯上的方向不同，或者，第一组三相绕组和第二组三相绕组可以缠绕在电机的铁芯的不同区域，又或者，第一组三相绕组和第二组三相绕组的部分绕组缠绕在电机的铁芯的同一区域，而另一部分绕组缠绕在电机的铁芯的不同区域。

一种可能的设计中，第一 ECU 在向第一组三相绕组提供三相交流电的过程中，检测第一 ECU 与第一组三相绕组中的每相绕组的连接线路上的电流，在与任一相绕组的连接线路上的电流小于阈值时，向第二 ECU 发送生效指示，并停止向第一组三相绕组提供三相交流电，而第二 ECU 在接收到生效指示后，通过第二 ECU 与第二组三相绕组的连接线路，向第二组三相绕组提供三相交流电。如此，即使某一个 ECU 向某一组三相绕组提供电信号的过程出现故障导致无法驱动电机，也能通过另一个 ECU 向另一组三相绕组所提供的三相交流电来继续驱动电机，以在实现电机冗余控制的同时提高切换的及时性。

一种可能的设计中，接入控制装置中还可以包括切换电路，切换电路设置在第一 ECU 与第一组三相绕组的连接线路、以及第二 ECU 与第二组三相绕组的连接线路上，第一 ECU 在与任一相绕组的连接线路上的电流小于阈值时，一方面可以向第二 ECU 发送生效指示，另一方面还可以向切换电路发送切换指示，而切换电路在接收到切换指示的后，可以断开第一 ECU 与第一组三相绕组的连接线路，以及导通第二 ECU 与第二组三相绕组的连接线路。如此，既能使第二 ECU 所提供的三相交流电能顺利传输至电机的第二组三相绕组，又能截断由于第一 ECU 故障而仍向第一组三相绕组所提供的三相交流电，有效确保电机驱动的准确性。

一种可能的设计中，制动执行器中可以包括电磁阀，电磁阀包括双线圈，第一 ECU 和第二 ECU 通过线路分别连接双线圈，第一 ECU 为默认生效的 ECU 的情况下，第一 ECU 未故障时，使用第一 ECU 向双线圈提供直流电，第一 ECU 故障时，使用第二 ECU 向双线圈提供直流电。在该设计中，通过复用电磁阀中的双线圈即可实现两个 ECU 对同一电磁阀的冗余驱动，而无需额外新增其它的线圈，因此不仅能直接兼容于现有的电磁阀，还有助于节省成本。

一种可能的设计中，第一 ECU 在向双线圈提供直流电的过程中，还可以检测第一 ECU 与双线圈中的每个线圈的连接线路上的电流，在与双线圈中的第一线圈的连接线路上的电流小于阈值时，向第二 ECU 发送补充指示，而第二 ECU 在接收到补充指示后，通过第二 ECU 与第一线圈的连接线路，向第一线圈提供补充电信号。其中，第一线圈为双线圈中的任一个线圈。通过该设计，在一个 ECU 向某个线圈提供电信号的过程出现故障时，能通过另一个 ECU 向该线圈补充电信号，而另外一个线圈上的电信号则仍然可以由原来的 ECU 提供，也即是说，无需将全部线圈的电信号提供过程都切换到另一个 ECU 上，如此可通过少量的切换操作，在提高切换稳定性的基础上，通过两个 ECU 联合向电磁阀供给准确的直流电。

一种可能的设计中，接入控制装置中还可以包括切换电路，切换电路设置在第一 ECU 与双线圈的连接线路、以及第二 ECU 与双线圈的连接线路上，切换电路用于在第一 ECU 未失效时，导通第一 ECU 与双线圈的连接线路，并断开第二 ECU 与双线圈的连接线路，

在第一 ECU 失效时，导通第二 ECU 与双线圈的连接线路，并断开第一 ECU 与双线圈的连接线路。如此，即使某一个原本不应该提供直流电的 ECU 也向电磁阀输出直流电，也能通过切换电路切断该 ECU 对电磁阀的驱动链路，保证电磁阀只在另一 ECU 的驱动下工作，有效提高冗余控制的准确性。

5 一种可能的设计中，第一 ECU 在与第一线圈的连接线路上的电流小于阈值时，一方面可以向第二 ECU 发送补充指示，另一方面还可以向切换电路发送第一切换指示，而切换电路在接收到第一切换指示后，可以导通第二 ECU 与第一线圈的连接线路，以便使第二 ECU 所提供的补充电信号能顺利补充给电磁阀的第一线圈。

10 一种可能的设计中，第一 ECU 在向双线圈提供直流电的过程中，还可以检测第一 ECU 与双线圈中的每个线圈的连接线路上的电流，在与任一个线圈的连接线路上的电流小于阈值时，向第二 ECU 发送生效指示，并停止向双线圈提供直流电，而第二 ECU 在接收到生效指示后，可以通过第二 ECU 与双线圈的连接线路，向双线圈提供直流电。如此，通过在一个 ECU 的驱动过程出现问题时，及时切换至另一 ECU 进行驱动，能避免使用存在故障的 ECU 继续驱动，维持电磁阀驱动的准确性。

15 一种可能的设计中，接入控制装置中还可以包括切换电路，切换电路设置在第一 ECU 与双线圈的连接线路、以及第二 ECU 与双线圈的线路上，第一 ECU 在与任一线圈的连接线路上的电流小于阈值时，一方面可以向第二 ECU 发送生效指示，另一方面还可以向切换电路发送第二切换指示，而切换电路在接收到第二切换指示后，可以导通第二 ECU 与双线圈的连接线路，并断开第一 ECU 向双线圈的连接线路。通过该设计，不仅能使第二 ECU 所提供的直流电顺利传输至电磁阀的双线圈，同时又能截断由于第一 ECU 故障而仍向双线圈所提供的直流电，确保电磁阀驱动的准确性。

20 一种可能的设计中，制动执行器可以包括电磁阀，电磁阀包括第一正极线圈、第二正极线圈和负极线圈，第一 ECU 通过线路连接第一正极线圈和负极线圈，第二 ECU 通过线路连接第二正极线圈和负极线圈，第一 ECU 为默认生效的 ECU 的情况下，第一 ECU 未故障时，使用第一 ECU 向第一正极线圈和负极线圈提供直流电，第一 ECU 故障时，使用第二 ECU 向第二正极线圈和负极线圈提供直流电。

25 一种可能的设计中，第一 ECU 在向第一正极线圈和负极线圈提供直流电的过程中，还可以检测第一 ECU 与负极线圈的连接线路上的电流，在与负极线圈的连接线路上的电流小于阈值时，向第二 ECU 发送补充指示，而第二 ECU 在接收到补充指示后，可以通过第二 ECU 与第二正极线圈的连接线路，向第二正极线圈提供电信号。在该设计中，在一个 ECU 向负极线圈提供电信号的过程出现故障时，通过另一个 ECU 向负极线圈补充电信号，而第一正极线圈上的电信号则仍然可以由原来的 ECU 提供，也即是说，无需将第一正极线圈和负极线圈的电信号提供过程都切换到另一个 ECU 上，如此可通过少量的切换操作，在提高切换稳定性的基础上，通过两个 ECU 向负极线圈提供足够的电信号。

30 一种可能的设计中，接入控制装置中还可以包括切换电路，切换电路设置在第一 ECU 与第一正极线圈的连接线路、第一 ECU 与负极线圈的连接线路、第二 ECU 与第二正极线圈的连接线路、以及第二 ECU 与负极线圈的连接线路上，切换电路用于在第一 ECU 未失效的情况下，导通第一 ECU 与第一正极线圈的连接线路以及第一 ECU 与负极线圈的连接线路，并断开第二 ECU 与第二正极线圈的连接线路以及第二 ECU 与负极线圈的连接线路，在第一 ECU 失效的情况下，导通第二 ECU 与第二正极线圈的连接线路以及第二 ECU 与

负极线圈的连接线路，并断开第一 ECU 与第一正极线圈的连接线路以及第一 ECU 与负极线圈的连接线路。如此，即使某一个原本不应该提供直流电的 ECU 也向电磁阀输出直流电，也能通过切换电路切断该 ECU 对电磁阀的驱动链路，保证电磁阀只在另一 ECU 的驱动下工作，有效提高冗余控制的准确性。

5 一种可能的设计中，第一 ECU 在与第一正极线圈的连接线路上的电流小于阈值时，一方面可以向第二 ECU 发送补充指示，另一方面还可以向切换电路发送第一切换指示，而切换电路在接收到第一切换指示后，可以导通第二 ECU 与负极线圈的连接线路，以便使第二 ECU 所提供的补充电信号能顺利传输至电磁阀的负极线圈。

10 一种可能的设计中，第一 ECU 在向第一正极线圈和负极线圈提供直流电的过程中，还可以检测第一 ECU 与第一正极线圈和负极线圈中的每个线圈的连接线路上的电流，在与任一个线圈的连接线路上的电流小于阈值时，向第二 ECU 发送生效指示，并停止向第一正极线圈和负极线圈提供直流电，而第二 ECU 在接收到生效指示后，可以通过第二 ECU 与第二正极线圈和负极线圈的连接线路，向第二正极线圈和负极线圈提供直流电。如此，通过在一个 ECU 的驱动过程出现问题时，及时切换至另一 ECU 进行驱动，能避免使用存在故障的 ECU 继续驱动，维持电磁阀驱动的准确性。

15 一种可能的设计中，接入控制装置中还可以包括切换电路，切换电路设置在第一 ECU 与第一正极线圈的连接线路、第一 ECU 与负极线圈的连接线路、第二 ECU 与第二正极线圈的连接线路、以及第二 ECU 与负极线圈的连接线路上，第一 ECU 在与任一个线圈的连接线路上的电流小于阈值时，一方面可以向第二 ECU 发送生效指示，另一方面还可以向切换电路发送第二切换指示，而切换电路在接收到第二切换指示后，可以导通第二 ECU 与第二正极线圈的连接线路和第二 ECU 与负极线圈的连接线路，并断开第一 ECU 与第一正极线圈的连接线路和第一 ECU 与负极线圈的连接线路。如此，既能使第二 ECU 所提供的直流电顺利传输至电磁阀的第二组双线圈，同时又能截断由于第一 ECU 故障而仍向第一组双线圈所提供的直流电，确保电磁阀驱动的准确性。

20 一种可能的设计中，制动执行器可以包括电磁阀，电磁阀包括第一组双线圈和第二组双线圈，第一 ECU 通过线路连接第一组双线圈，第二 ECU 通过线路连接第二组双线圈，第一 ECU 为默认生效的 ECU 的情况下，第一 ECU 未故障时，使用第一 ECU 向第一组双线圈提供直流电，第一 ECU 故障时，使用第二 ECU 向第二组双线圈提供直流电。如此，通过在电磁阀中额外添加一组双线圈，能通过每个 ECU 对各自对应的双线圈的电信号，实现对电磁阀的准确驱动，避免某一 ECU 的电信号对另一 ECU 的电信号造成干扰。

25 一种可能的设计中，第一组双线圈和第二组双线圈可以都缠绕在电磁阀的铁芯的整个区域，但缠绕在铁芯上的方向不同，或者，第一组双线圈和第二组双线圈可以缠绕在电磁阀的铁芯的不同区域，又或者，第一组双线圈和第二组双线圈的部分线圈缠绕在电磁阀的铁芯的同一区域，另一部分线圈缠绕在电磁阀的铁芯的不同区域。

30 一种可能的设计中，第一 ECU 在向第一组双线圈提供直流电的过程中，还可以检测第一 ECU 与第一组双线圈中的每个线圈的连接线路上的电流，在与任一个线圈的连接线路上的电流小于阈值时，向第二 ECU 发送生效指示，并停止向第一组双线圈提供直流电，而第二 ECU 在接收到生效指示后，可以通过第二 ECU 与第二组双线圈的连接线路，向第二组双线圈提供直流电。该设计能在一个 ECU 向某一组双线圈提供电信号的过程出现故障导致无法驱动电磁阀时，通过另一个 ECU 向另一组双线圈提供的直流电来驱动电磁阀，

以便实现电磁阀冗余控制的同时提高切换的及时性。

一种可能的设计中，接入控制装置中还可以包括切换电路，切换电路设置在第一 ECU 与第一组双线圈的连接线路、以及第二 ECU 与第二组双线圈的连接线路上，第一 ECU 在与任一个线圈的连接线路上的电流小于阈值时，一方面可以向第二 ECU 发送生效指示，另一方面还可以向切换电路发送切换指示，而切换电路在接收到切换指示后，可以导通第二 ECU 与第二组双线圈的连接线路，并断开第一 ECU 向第一组双线圈的连接线路。如此，既能使第二 ECU 所提供的直流电能顺利传输至电磁阀的第二组双线圈，同时又能截断由于第一 ECU 故障而仍向第一组双线圈所提供的直流电，确保电磁阀驱动的准确性。

第六方面，本申请提供一种终端设备，包括如上述第一方面任一项设计所述的制动系统，或者包括如上述第二方面至第四方面中任一项设计所述的集成装置，或者包括如上述第五方面任一项设计所述的接入控制装置。

上述第二方面至第六方面的有益效果，具体请参照上述第一方面中相应设计可以达到的技术效果，这里不再重复赘述。

附图说明

图 1 示例性示出本申请实施例提供的一种制动系统的结构示意图；
图 2 示例性示出本申请实施例提供的一种可能的产品形态图；
图 3 示例性示出本申请实施例提供的一种制动系统的结构示意图；
图 4 示例性示出本申请实施例提供的另一种制动系统的结构示意图；
图 5 示例性示出本申请实施例提供的又一种制动系统的结构示意图；
图 6 示例性示出本申请实施例提供的再一种制动系统的结构示意图；
图 7 示例性示出本申请实施例提供的又一种制动系统的结构示意图；
图 8 示例性示出本申请实施例提供的一种集成装置的结构示意图；
图 9 示例性示出本申请实施例提供的另一种集成装置的结构示意图；
图 10 示例性示出本申请实施例提供的又一种集成装置的结构示意图；
图 11 示例性示出本申请实施例提供的一种接入控制装置的结构示意图；
图 12 示例性示出本申请实施例提供的一种两个 ECU 接入同一电机的结构示意图；
图 13 示例性示出本申请实施例提供的一种两个 ECU 接入同一电磁阀的结构示意图。

具体实施方式

需要指出的是，本申请实施例中的术语“系统”和“网络”可被互换使用。“多个”是指两个或两个以上。“和/或”，描述关联对象的关联关系，表示可以存在三种关系，例如，A 和/或 B，可以表示：单独存在 A，同时存在 A 和 B，单独存在 B 的情况，其中 A，B 可以是单数或者复数。“以下一项(个)或多项(个)”或其类似表达，是指的这些项中的任意组合，包括单项(个)或复数项(个)的任意组合。例如，a,b,或 c 中的一项(个)或多项(个)，可以表示：a,b,c,a-b,a-c,b-c,或 a-b-c，其中 a,b,c 可以是单个，也可以是多个。

以及，除非有特别说明，本申请实施例提及“第一”、“第二”等序数词是用于对多个对象进行区分，不用于限定多个对象的优先级或者重要程度。例如，第一电子控制

单元和第二电子控制单元只是为了区分不同的电子控制单元，而并不是表示这些电子控制单元的优先级或者重要程度等的不同。

下面将结合具体的实施例介绍本申请中的制动系统及装置的具体实现，显然，所描述的实施例仅仅是本申请一部分实施例，而不是全部的实施例。

本申请实施例提供一种制动系统，该制动系统可以应用于具有制动能力的终端设备，终端设备可以是智能运输设备，包括但不限于汽车、轮船、飞机、无人机、火车、货车或卡车等。一个具体地应用场景中，制动系统可以应用于车联网，如车辆外联（vehicle to everything, V2X）、车间通信长期演进技术（long term evolution-vehicle, LTE-V）、车辆-车辆（vehicle to vehicle, V2V）等，尤其适用于自动驾驶车辆或辅助驾驶车辆等。

下面通过实施例一介绍本申请实施例所提供的制动系统的具体实现。

【实施例一】

图1示例性示出本申请实施例提供的一种制动系统的结构示意图，如图1所示，该示例中，制动系统中包括油壶130、主缸模块140、制动踏板150、推杆160、第一压力控制单元111、第二压力控制单元112、第一电子控制单元（electronic control unit, ECU）121、第二ECU122和冗余ECU123，制动踏板150通过推杆160连接主缸模块140，油壶130、主缸模块140、第一压力控制单元111和第二压力控制单元112依次通过油路连接，且第二压力控制单元112还通过油路连接被制动轮。其中，第一ECU121、第二ECU122和冗余ECU123是能支持简单的传感器数据处理和复杂的逻辑计算的元件，在实施时，第一ECU121用于控制第一压力控制单元111中的制动执行器，第二ECU122用于控制第二压力控制单元112中的制动执行器，而冗余ECU123用于控制第一压力控制单元111中的至少一个制动执行器，和/或，控制第二压力控制单元112中的至少一个制动执行器，而第一压力控制单元111和第二压力控制单元112在第一ECU121、第二ECU122和冗余ECU123中的至少一个ECU的控制下，能单独或联合完成对被制动轮的制动操作。

示例性地，冗余ECU123可以如图1中（A）或图1中（B）所示意的连接第一压力控制单元111中的至少一个制动执行器但不连接第二压力控制单元112中的制动执行器，以实现第一压力控制单元111的单独制动控制，也可以如图1中（C）或图1中（D）所示意的连接第二压力控制单元112中的至少一个制动执行器但不连接第一压力控制单元111中的制动执行器，以实现第二压力控制单元112的单独制动控制，还可以既连接第一压力控制单元111中的至少一个制动执行器，也连接第二压力控制单元112中的至少一个制动执行器，以实现第一压力控制单元111和第二压力控制单元112的联合制动控制，具体不作限定。

示例性地，制动执行器可以是能在制动系统中实现执行功能的任意器件，例如可以包括但不限于电机或电磁阀等。

示例性地，第一ECU121可以控制第一压力控制单元111中的全部或部分制动执行器，第二ECU122可以控制第二压力控制单元112中的全部或部分制动执行器。但无论第一ECU121和第二ECU122是控制全部制动执行器还是控制部分制动执行器，冗余ECU123所控制的至少一个制动执行器都需要少于或等于第一ECU121所控制的制动执行器，和/或，少于或等于第二ECU122所控制的制动执行器。例如，以冗余ECU123控制第一压力控制单元111中的至少一个制动执行器为例，当第一ECU121可控制第一压力控制单元111中的全部电机和全部电磁阀时，冗余ECU123所能控制的电机和电磁阀可以是如下任一种：

第一压力控制单元 111 中的全部电机和全部电磁阀，第一压力控制单元 111 中的全部电磁阀但不包括第一压力控制单元 111 中的电机，第一压力控制单元 111 中的全部电机但不包括第一压力控制单元 111 中的电磁阀，第一压力控制单元 111 中的部分电磁阀但不包括第一压力控制单元 111 中的全部电磁阀，第一压力控制单元 111 中的部分电机但不包括第一压力控制单元 111 中的全部电机。当第一 ECU121 可控制第一压力控制单元 111 中的部分电机和/或部分电磁阀时，冗余 ECU123 所能控制的电机和电磁阀可以是如下任一种：第一压力控制单元 111 中的同一部分电机和/或同一部分电磁阀，第一压力控制单元 111 中的同一部分电磁阀但不包括第一压力控制单元 111 中的电机，第一压力控制单元 111 中的同一部分电机但不包括第一压力控制单元 111 中的电磁阀，第一压力控制单元 111 中的同一部分电机中的部分电机和/或第一压力控制单元 111 中的同一部分电磁阀中的部分电磁阀等。关于 ECU 与所能控制的制动执行器的可能设计还有很多，此处不再一一列举。

示例性地，以冗余 ECU123 连接一个压力控制单元 111 中的至少一个制动执行器为例，考虑到第一 ECU121 所能控制的制动执行器大于或等于冗余 ECU123 所能控制的制动执行器，因此，为了使制动系统在默认状态下能具有更为全面的制动功能，制动系统可以选择第一 ECU121 作为第一压力控制单元 111 对应的默认生效的 ECU。也即是说，在第一 ECU121 未失效的情况下，制动系统可以使用第一 ECU121 控制第一压力控制单元 111，而在第一 ECU121 失效的情况下，制动系统可以切换至使用冗余 ECU123 控制第一压力控制单元 111。如此，即使默认生效的第一 ECU 由于某些原因失效，制动系统也能灵活切换至冗余的冗余 ECU 继续控制第一压力控制单元，有助于提高冗余控制的灵活性和可靠性。

本申请实施例中，能实现上述第一 ECU121 向冗余 ECU123 切换的方案有很多，举例来说：

一种可能的方案中，第一 ECU121 和冗余 ECU123 可以通过本地互联网（local internet，LIN）技术、Flexray 网技术或控制器局域网（controller area network，CAN）技术等方式进行通信，第一 ECU121 可以按照预设周期向冗余 ECU123 发送心跳消息，且冗余 ECU123 中可以设置有定时器，定时器的时长为一个预设周期的时长。在实施中，冗余 ECU123 每接收到第一 ECU121 发送的一个心跳消息后，都可以启动或重启定时器，直至定时器定时结束时，如果冗余 ECU123 一直未接收到冗余 ECU121 发送的另一个心跳消息，意味着第一 ECU121 异常，此时，冗余 ECU123 即可确定第一 ECU121 制动失效，进而冗余 ECU123 可切换至生效状态，即可以根据驾驶员的踩踏指示或自动驾驶系统或辅助驾驶系统的指示控制第一压力控制单元 111 进行制动。反之，在定时器定时结束之前，如果冗余 ECU123 接收到了冗余 ECU121 发送的另一个心跳消息，意味着第一 ECU121 正常，第一 ECU121 仍可实现制动功能，因此冗余 ECU123 可不切换状态，即仍处于失效状态。

另一种可能的方案中，第一 ECU121 和冗余 ECU123 可以通过 LIN 技术、Flexray 网技术或 CAN 技术等方式进行通信，且第一 ECU121 中可以设置有检测电路，检测电路包括检测电阻，检测电阻设置在第一 ECU121 连接所连接的制动执行器的线路上。在第一 ECU121 驱动制动执行器工作时，第一 ECU121 还可以获得检测电阻上流过的电流值（例如可以通过电流检测器获得电流值），如果该电流值和部件工作状态下的电流值不匹配，意味着第一 ECU121 的制动出现异常，此时，第一 ECU121 即可向冗余 ECU123 发送生效指令，以便使冗余 ECU123 根据生效指令切换至生效状态。反之，如果该电流值和部件工作状态下的电流值匹配，意味着第一 ECU121 的制动正常，第一 ECU121 可继续制动，冗

余 ECU123 可继续失效。

示例性地,在该方案中,检测电阻的电流值和部件工作状态下的电流值匹配,可以是指检测电阻的电流值和部件工作状态下的电流值的差值不大于预设的差值阈值,检测电阻的电流值和部件工作状态下的电流值不匹配,可以是指检测电阻的电流值和部件工作状态下的电流值的差值大于预设的差值阈值。其中,部件工作状态下的电流值以及预设的差值阈值可以根据实验验证得到,也可以由本领域技术人员根据经验获得,具体不作限定。一种可能的经验获得方式中,如果部件为常开的电磁阀,则该部件在通电时会断开,在不通电时会导通,也即是说,该部件工作状态下的电流值应该是高电平对应的电流值。基于此,如果第一 ECU121 向该部件通电,则第一 ECU121 和该部件之间的线路上的电流值应该是高电平对应的电流值,但若该线路上设置的检测电阻上流过的电流值为低电平对应的电流值,说明该部件的控制过程出错,因此第一 ECU121 可向冗余 ECU123 发送生效指令。同理,如果部件为常闭的电磁阀,则该部件通电时第一 ECU121 和该部件之间的线路上的电流值应该是低电平对应的电流值,但若该线路上设置的检测电阻上流过的电流值为高电平对应的电流值,说明该部件的控制过程出错,因此第一 ECU121 也可以向冗余 ECU123 发送生效指令。

再一种可能的方案中,制动系统外还可以设置有中央控制器,中央控制器可以通过 LIN 技术、Flexray 网技术或 CAN 技术等与制动系统中的各个 ECU 和传感器通信。在实施中,中央控制器在根据驾驶者的踩踏指示或自动驾驶系统或辅助驾驶系统的指示决策出要制动车辆时,可以向第一 ECU121 发送制动指示,以便利用第一 ECU121 进行车辆制动。且,在第一 ECU121 的制动过程中,中央控制器还可以采集车辆中的各个传感器上报的传感器数据,并根据传感器数据检测车辆的行驶状态,一旦发现车辆的行驶状态不匹配中央控制器发送给第一 ECU121 的制动指示,则说明第一 ECU121 失效,此时,中央控制器可以重新向冗余 ECU123 发出制动指示,以便利用冗余 ECU121 进行制动。之后,中央控制器可以一直使用冗余 ECU123 进行制动,直至接收到第一 ECU121 自检修复的通知消息,或检测到制动系统重启后,再重新切换至默认的第一 ECU121 进行制动。

其中,中央控制器可以是一种集成电路芯片,具有信号的处理能力。例如,中央控制器可以是通用处理器,可以是现场可编程门阵列(field programmable gate array, FPGA),还可以是专用集成芯片(application specific integrated circuit, ASIC),还可以是系统芯片(system on chip, SoC),还可以是网络处理器(network processor, NP),还可以是数字信号处理电路(digital signal processor, DSP),还可以是微控制器(micro controller unit, MCU),还可以是可编程控制器(programmable logic device, PLD),或者其他可编程逻辑器件、分立门或者晶体管逻辑器件、分立硬件组件或其他集成芯片。其中,中央控制器可以包括具有处理能力的元件或电路,例如包括中央处理单元(central processor unit, CPU)、神经网络处理单元(neural-network processing unit, NPU)或图形处理单元(graphics processing unit, GPU),再如,可以包括应用处理器(application processor, AP),调制解调处理器,图像信号处理器(image signal processor, ISP),视频编解码器,数字信号处理器(digital signal processor, DSP),和/或基带处理器等,具体不作限定。

在上述三种可能的方案中,前两种方案可以直接通过第一 ECU 和冗余 ECU 之间的交互完成制动切换,而不再需要经由上述中央控制器进行中转,进而有助于提高冗余制动的效率。而第三种方案则可以实现中央控制器对各个 ECU 的生效或失效状态的统一管理,

有助于提高 ECU 状态管理的规范性。

应理解, 上述内容只是示例性地给出几种可能的切换方案, 在其它示例中, 第一 ECU121 和冗余 ECU123 还可以具有其它的切换方式, 例如又一种切换方式中, 第一 ECU121 在制动时, 还可以向冗余 ECU123 发送通知消息, 而冗余 ECU123 接收到通知消息后, 即可监测与制动相关的传感器的状态信息, 若确定状态信息与通知消息中指示的制动功能不匹配, 则冗余 ECU123 可确定第一 ECU121 制动失效, 进而冗余 ECU123 可直接切换至生效状态。

此外, 第一 ECU121、冗余 ECU123 以及制动系统外的其他控制单元均可以通过 CAN 总线连接, 在需要控制制动时, 其它控制单元会将控制指令发送到 CAN 总线上, 此时第一 ECU121 和冗余 ECU123 都能够从 CAN 总线上获取到控制指令, 而只有其中生效的 ECU 会执行该控制指令, 如此可保证同一时段只有第一 ECU121 和冗余 ECU123 中的一个 ECU 制动, 避免出现重复制动的问题。

本申请实施例中, 油壶 130 是一种用于储存油液的器具, 在制动时, 油壶 130 中的油液被抽取出来后通过油壶 130 与第一压力控制单元 111 之间的油路、第一压力控制单元 111 与第二压力控制单元 112 之间的油路和第二压力控制单元 112 与被制动轮之间的油路被施加给被制动轮, 以通过向被制动轮施压实现被制动轮的制动操作。在取消制动时, 之前施加给被制动轮的油液会通过被制动轮与第二压力控制单元 112 之间的油路、第二压力控制单元 112 与第一压力控制单元 111 之间的油路、以及第一压力控制单元 111 与油壶 130 之间的油路回到油壶 130, 从而实现油液的循环利用。

本申请实施例中, 主缸模块 140 也称为液压制动总阀, 主缸模块 140 可以如图 1 中(A)或图 1 中 (C) 所示意的集成在第一压力控制单元 111 内, 以进一步提高系统集成度, 也可以如图 1 中 (B) 或图 1 中 (D) 所示意的独立于第一压力控制单元 111 而单独存在, 以实现主缸油液的灵活控制。且, 主缸模块 140 还可以通过油路连接第一压力控制单元 111 中的其它制动执行器。在实施中, 主缸模块 140、制动踏板 150 和推杆 160 可用于实现驾驶员的踏板感觉。举例来说, 以图 1 中 (B) 所示意的结构为例, 通常情况下, 主缸模块 140 是一个活塞缸, 活塞缸中存储从有油壶 130 中流入的油液, 在驾驶员踩踏制动踏板 150 时, 该踩踏力会驱使推杆 160 推动主缸模块 140 中的活塞杆移动, 使得活塞缸中的油液被压入主缸模块 140 和第一压力控制单元 111 之间的油路, 进而流入第一压力控制单元 111, 如此, 通过将驾驶员对制动踏板 150 的踩踏力转变为油液的动力, 能维持驾驶员脚踩踏板实现制动的感觉。反之, 在驾驶员收回对制动踏板 150 的踩踏力时, 制动踏板 150 会带动推杆 160 移动使得主缸模块 140 中的活塞杆归位, 进而使得之前被压入主缸模块 140 和第一压力控制单元 111 之间的油路的油液以及流入第一压力控制单元 111 的油液回到活塞缸, 如此, 以维持驾驶员通过取消脚踩踏板而取消制动的感觉。

示例性地, 在上述实现驾驶员的踏板感觉的第一压力控制单元 111 内部的油路中, 还可以设置有一个或多个电磁阀, 该一个或多个电磁阀的状态可由第一 ECU121 和冗余 ECU123 中的任一 ECU 进行控制。如此, 在第一 ECU121 失效时, 还可以及时切换至冗余 ECU123 继续控制该油路中的一个或多个电磁阀, 以便在异常情况下也能尽量维持驾驶员对踏板的感觉不变, 避免对驾驶员造成制动失常的体验而引起驾驶员的恐慌感, 提高驾驶员驾驶车辆的舒适性。

进一步示例性地, 第一压力控制单元 111 和第二压力控制单元 112 中通常还可以设置

有电机，第一压力控制单元 111 中的电机的转动可由第一 ECU121 和冗余 ECU123 中的任一 ECU 进行控制，或者第二压力控制单元 112 中的电机的转动可由冗余 ECU123 和冗余 ECU123 中的任一 ECU 进行控制。如此，继续以图 1 中 (B) 所示意的结构为例，当制动时 (包括但不限于驾驶员踩踏制动、自动驾驶制动或辅助驾驶制动等)，如果第一 ECU121 失效，则还可以及时切换至冗余 ECU123 继续控制第一压力控制单元 111 中的电机向着某一方向转动，以便使进入第一压力控制单元 111 中的油液 (可以是来自于制动踏板被踩踏而压入第一压力控制单元 111 的油液，也可以是第一压力控制单元 111 通过其它油路从油壶 130 中获得的油液，具体不作限定) 在电机的作用下经由第一压力控制单元 111 和第二压力控制单元 112 之间的油路流入第二压力控制单元 112，之后在第二 ECU122 控制第二压力控制单元 112 中的电机向着某一方向转动的作用下，使得流入第二压力控制单元 112 的油液进而被施加给第二压力控制单元 112 所连接的一个或多个被制动轮，以实现对被制动轮的制动。反之，当取消制动时，在第二 ECU122 控制第二压力控制单元 112 中的电机向着另一方向转动的作用下，之前被施加给被制动轮的油液可以反向流回第二压力控制单元 112，进而在冗余 ECU123 控制第一压力控制单元 111 中的电机向着另一方向转动的过程中，流入第二压力控制单元 112 的油液经由第一压力控制单元 111 和第二压力控制单元 112 之间的油路反向回到第一压力控制单元 111，之后回到主缸模块 140 或油壶 130。

进一步示例性地，在实现上述被制动轮制动的第一压力控制单元 111 内部的油路中，还可以设置有一个或多个电磁阀，且该一个或多个电磁阀的状态可由第一 ECU121 和冗余 ECU123 中的任一 ECU 进行控制。如此，在第一 ECU121 失效时，还可以及时切换至冗余 ECU123 继续控制该油路中的一个或多个电磁阀，以便在异常情况下也能继续维持油液在制动过程中的油路流动，或者继续维持油液在取消制动过程中的油路反向流动，实现冗余制动。

进一步地示例性地，第二压力控制单元 112 可以连接全部被制动轮，也可以连接部分被制动轮。例如，以车辆为例，一种可能的示例中，继续参照图 1 所示，假设车辆存在四个被制动轮，即左前轮 (left front wheel, LFW) (即图 1 所示意的 FL 对应的轮)、左后轮 (left rear wheel, LRW) (即图 1 所示意的 RL 对应的轮)、右前轮 (right front wheel, RFW) (即图 1 所示意的 FR 对应的轮)、右后轮 (right rear wheel, RRW) (即图 1 所示意的 RR 对应的轮)，则第二压力控制单元 112 可以和车辆的四个被制动轮通过四路油路实现一一连接。如此，在制动过程中，制动系统可以根据当前的制动功能，选择所连接的被制动轮中的一个或多个进行制动，例如在实现基础制动功能时可以对所连接的全部被制动轮进行制动以尽快减速车辆，而在实现牵引力制动系统功能时则可以只对当前出现打滑现象的被制动轮进行制动，以在减轻打滑现象的同时继续行车。

需要说明的是，上述压力控制单元中除了可以包括电机和/或电磁阀以外，还可以包括液压阀及各类传感器，诸如压力传感器、流量传感器及电机位置传感器等。相应地，上述 ECU 中可以包括电磁阀驱动器、电机驱动器以及各种信号处理器及控制输出接口等。如此，ECU 在执行制动的过程中，还可以接收各类传感器的测量或检测信号，根据这些测量或检测信号确定出当前的环境条件、驾驶员输入及制动系统状态等信息，之后通过计算和判断后续的制动方式，以改变或继续控制压力控制单元的制动特性。

示例性地，图 2 示出本申请实施例提供的一种可能的产品形态图，其中：

图 2 中 (A) 示出的是主缸模块 140 集成在第一压力控制单元 121 中的结构图。当该

结构是图 1 中 (A) 所示意的结构时, 模块 1 可以是集成有第一压力控制单元 111、第一 ECU121 和冗余 ECU123 的总成模块, 且第一压力控制单元 111 中集成有主缸模块 140, 模块 2 是集成有第二压力控制单元 112 和第二 ECU122 的总成模块, 模块 1 和模块 2 联合油壶 130、推杆 160 和制动踏板 150 构成制动系统。当该结构是图 1 中 (C) 所示意的结构时, 模块 1 是集成有第一压力控制单元 112 和第一 ECU121 的总成模块, 且第一压力控制单元 112 中集成有主缸模块 140, 模块 2 是集成有第二压力控制单元 111、第二 ECU122 和冗余 ECU123 的总成模块, 模块 1 和模块 2 联合油壶 130、推杆 160 和制动踏板 150 构成制动系统。

图 2 中 (B) 示出的是主缸模块 140 独立于第一压力控制单元 121 而存在的结构图。当该结构是图 1 中 (B) 所示意的结构时, 模块 1 是集成有第一压力控制单元 111、第一 ECU121 和冗余 ECU123 的总成模块, 模块 2 是集成有第二压力控制单元 112 和第二 ECU122 的总成模块, 模块 1 和模块 2 联合油壶 130、主缸模块 140、推杆和制动踏板 150 构成制动系统。当该结构是图 1 中 (D) 所示意的结构时, 模块 1 是集成有第二压力控制单元 112 和第一 ECU121 的总成模块, 模块 2 是集成有第一压力控制单元 111、第二 ECU122 和冗余 ECU123 的总成模块, 模块 1 和模块 2 联合油壶 130、主缸模块 140、推杆和制动踏板 150 构成制动系统。

需要说明的是, 上述内容只是以同一制动执行器对应两个用于控制的 ECU 为例介绍, 在实际操作中, 同一制动执行器还可以对应三个或三个以上的 ECU, 如此, 即使制动执行器所对应的两个 ECU 都故障, 制动系统也能及时切换至第三个 ECU 继续驱动该制动执行器, 以进一步提高冗余制动能力。此外, 上述内容只是以第一压力控制单元 111 对应两个 ECU 为例进行介绍, 在实际操作中, 第二压力控制单元 112 也可以对应至少两个 ECU, 如此, 在第二 ECU122 失效的情况下, 通过切换至第二压力控制单元 112 中的其它 ECU, 也能维持第二压力控制单元 112 的制动能力, 相关的实现方式可直接参照上述内容, 本申请对此不作具体限定。

在上述实施例一中, 通过对同一制动执行器设置至少两个用于控制的 ECU, 能在其中部分 ECU 失效的情况下, 利用另一部分 ECU 完成对该制动执行器的冗余控制, 该方式通过额外设置的 ECU 即可实现冗余制动, 而不需要额外设置一套新的压力控制单元和对应的 ECU, 如此有助于降低在制动系统中添加冗余备份的复杂程度, 进而有助于降低整车安装布置的困难程度及所需的成本。且, 上述实施例一中的至少两个压力控制单元能实现至少两重冗余制动, 而通过至少两个 ECU 控制同一压力控制单元中的同一制动执行器, 相当于在至少两重冗余制动基础上, 进一步实现了至少三重冗余制动, 至少三重冗余制动可以适配于 L2~L4 级乃至更高级的自动驾驶系统。可见, 上述实施例一能通过设置尽可能少的部件增加至少两重冗余制动的车辆的冗余重数, 有助于在节省成本及降低整车布局复杂性的基础上, 进一步提高制动系统的冗余制动能力。

本申请实施例中, 第一压力控制单元 111 和第二压力控制单元 112 可以单独完成制动系统的制动功能, 也可以协同完成制动系统的制动功能, 且第一压力控制单元 111 能完成的制动功能与第二压力控制单元 112 能完成的制动功能可以相同, 也可以不同, 具体不作限定。其中, 制动系统的制动功能可以包括但不限于如下功能中的一种或多种:

基础制动功能 (basic braking function, BBF): BBF 适用于 OneBox 制动系统, OneBox 制动系统是指将所有的制动功能集成在单个机械总成内的制动系统, 该制动系统取消了真

空助力器, 改为使用移动活塞缸进行增压, 以响应驾驶员的制动意图。

防抱死制动系统 (anti-lock brake system, ABS): 通常情况下, 车辆在紧急制动或在冰雪路面制动时, 车辆的车轮会趋于抱死, 导致车辆的制动距离增加, 甚至会使车辆失去转向目标。而 ABS 可以根据车轮的抱死情况, 适当减小趋于抱死的车轮处的制动力, 以实现防抱死功能。

牵引力控制系统 (traction control system, TCS): 通常情况下, 车辆在冰雪路面行驶或车辆的某一车轮陷入泥泞路面时, 车轮会出现打滑现象, 导致车辆无法正常行驶。而 TCS 可以根据车轮的打滑情况, 适当减小驱动力或对打滑车轮施加制动力, 以减弱车轮打滑的现象, 保证车辆正常行驶。

电子稳定性控制系统 (electronic stability control system, ESC): ESC 也称为电子稳定程序 (electronic stability program, ESP), 可以接收传感器收集的车辆信息, 根据车辆信息判断车辆的失稳情况, 当确定车辆趋于失稳时, 对单个车轮或部分车轮施加制动力, 以获取使车辆稳定的横摆力矩, 实现稳定车辆的目的。

自动紧急刹车 (autonomous emergency braking, AEB): AEB 可以在车辆的行驶过程中检测车辆与前方车辆或障碍物的距离, 并将检测的距离分别与警报距离和安全距离进行比较 (警报距离大于安全距离), 当检测距离小于警报距离时进行警报提示, 当检测距离小于安全距离时自动制动车辆, 如此, 即使驾驶员还没有来得及踩踏制动踏板, 通过 AEB 自动制动, 也能保证行车安全。

自适应巡航控制 (adaptive cruise control, ACC): ACC 是指在按设定车速进行巡航控制的车辆中增加了与前方车辆保持合理间距控制功能的系统, 通常具有定速巡航功能、跟随巡航功能、弯道巡航功能、驾驶模式选择功能、智慧过弯功能和智能限速功能等, 并可通过制动系统和驱动系统控制车辆的速度, 以实现上述各个功能。

附加功能 (value added function, VAF): VAF 是指除上述几种制动功能以外的其它制动功能的统称, 主要作用包括以下几点: 响应 ADS/ADAS 的控制请求, 提供 ABP、AEB、APA、AWB、CDD Stop&Go 及 VLC 等控制接口, 以满足 ADS/ADAS 对车辆驱动和制动的控制要求; 保障驾驶员的舒适性及安全性的驾驶保障, 主要有 AVH、BDW、HAZ、HBA、HDC、HFC、HRB、HSA 等功能, 适用于坡起、下坡、长时间制动及制动盘过热等工况。

为便于理解, 下面示例性地以冗余 ECU123 只连接一个压力控制单元中的至少一个制动执行器为例, 通过一个具体的示例介绍本申请实施例中制动系统及上述制动功能的应用。

图 3 示例性示出本申请实施例提供的一种未应用上述冗余制动方案之前的制动系统的具体结构示意图, 如图 3 所示, 该制动系统中包括油壶 130、第一模块和第二模块, 油壶 130 和第一模块之间、以及第一模块和第二模块之间均通过三路制动油管相连。第一模块中集成有如下部件: ECU10、电机 M1、电机位置传感器 E1、电磁阀 P1、主缸模块 140、推杆、制动踏板 150、踏板行程传感器 E2、电磁阀 P2、踏板模拟器、电磁阀 P3、主缸压力传感器 E3、电磁阀 P4、移动活塞缸、单向阀 K1、制动回路压力传感器 E4、电磁阀 P5 和电磁阀 P6, 第一模块中的各个部件通过图 3 所示意的制动油管连接, 且第一模块中的 ECU10 连接第一模块中的其它全部部件, 用于获得第一模块中的各个传感器采集到的状态信息, 并能控制电机 M1 及第一模块中的全部电磁阀 P1~P6。第一模块的主要作用是增压功能, 可实现车辆的 BBF 和 AEB 等 VAF 功能。相应地, 第二模块中集成有如下部件: ECU20、电机 M2、单向泵 S1、单向阀 K2、储能器、电磁阀 P7、电磁阀 P8、电磁阀 P9、电磁阀

P10、电磁阀 P11、电磁阀 P12、单向泵 S2、单向阀 K3、电磁阀 P13、电磁阀 P14、电磁阀 P15、电磁阀 P16、电磁阀 P17 和电磁阀 P18，第二模块中的各个部件通过图 3 所示意的制动油管连接，且第二模块中的 ECU20 连接第二模块中的其它全部部件，用于控制电机 M2 及第二模块中的全部电磁阀 P7~P18。其中，第二模块的主要作用是轮缸压力控制，可实现车辆的 ESC、ABS 及 TCS 等功能。此外，虽然图 3 中未进行示意，但油壶 130 中还可以集成有液位传感器，第二模块中还可以集成有各类压力传感器，ECU10 和 ECU20 通过 CAN 或者其它通信方式进行通讯，本申请实施例对此不作具体限定。

进一步地，在将本申请实施例中的冗余制动方案应用在图 3 所示意的制动系统时，可以设计一个冗余的 ECU30，该冗余的 ECU30 可以按照如下任一方式应用，并可以通过 CAN 或者其它通信方式与 ECU10 和 ECU20 进行通讯，以获得冗余制动方案：

一种可能的应用方式中，图 4 示出本申请实施例提供的一种应用冗余制动方案之后的制动系统的具体结构示意图，如图 4 所示，在该示例中，冗余的 ECU30 可以应用于第一模块，且，在应用后的第一模块中，冗余的 ECU30 和原有的 ECU10 共同接入电机 M1 和电磁阀 P2~P6，接入方式可以参照如下实施例三，此处先不作具体介绍。且，由于第一模块中的电磁阀 P1 用于质检，与制动功能的控制过程相关性不大，因此冗余的 ECU30 可不接入电磁阀 P1，以减轻共同接入的复杂程度。

在图 4 所示意的制动系统中，由于冗余的 ECU30 和原有的 ECU10 同时接入电磁阀 P2、P3 和 P4，因此，在 ECU10 失效时，如果驾驶员踩踏了踏板，虽然 ECU10 无法再实现驾驶员的踏板感觉，但仍能由冗余的 ECU30 获取到踏板行程传感器 E2 检测到的踏板踩踏信息，并根据该踏板踩踏信息控制电磁阀 P2 导通、电磁阀 P3 和电磁阀 P4 关断，以便于主缸模块 140 中的油液能随着驾驶员的踩踏顺利流入踏板模拟器，维持驾驶员踩踏板制动的感觉不变，保证驾驶员舒适性和踏板感的一致性。

在图 4 所示意的制动系统中，由于冗余的 ECU30 和原有的 ECU10 同时接入电磁阀 P5 和 P6，因此，在 ECU10 失效时，如果当前需要对被制动轮主动增压，虽然 ECU10 无法再通过控制电机 M1 和电磁阀 P5~P6 将油液传输至第二模块，但仍能由冗余的 ECU30 控制电机 M1 沿着第一方向转动，以及根据电机位置传感器 E1 采集到的电机位置信息校准电机 M1 的转动方向及转速等，并控制电磁阀 P5 和电磁阀 P6 都导通。如此，电机 M1 沿着第一方向的转动可以推动移动活塞缸中的活塞杆向图示右侧方向移动，从而将移动活塞缸中的油液（该油液是经由油壶 130 和单向阀 K1 所构成的制动管道中流入移动活塞缸中的）推入电磁阀 P5 和电磁阀 P6，进而经由导通的电磁阀 P5 和电磁阀 P6 流入第一模块和第二模块之间的两个制动油管，之后经由 ECU20 对第二模块中的电机 M2 和电磁阀 P7~P18 的控制，使得两个制动油管中的油液施加给被制动轮，以实现被制动轮的主动增压。

此外，由于图 4 所示意的制动系统中的移动活塞缸为单向移动活塞缸，因此，冗余的 ECU30 在根据电机位置传感器 E1 采集到的电机位置信息，确定出移动活塞缸中的活塞杆被推到图示最右侧后，需要控制电机 M1 沿着第二方向转动，并控制电磁阀 P5 和电磁阀 P6 都断开。如此，电机 M1 沿着第二方向的转动可以带动活塞杆向着图示左侧方向移动，使得油壶 130 中的油液经由单向阀 K1 所在的制动油路流入移动活塞缸。且，移动过程中，由于被制动轮中不再有新加入的油液，因此被制动轮的增压过程中断，直至移动到最左侧时，移动活塞缸中重新充满油液，冗余的 ECU30 再通过上述过程控制电机 M1 和电磁阀 P5~P6，继续对被制动轮进行增压。

假设 ECU10 为第一模块中默认生效的 ECU，则图 4 所示意的制动系统可以实现如下任一工作模式：

工作模式一，在 ECU10 和 ECU20 均未失效时，ECU10 和 ECU20 协同实现车辆的制动功能。具体来说，ECU10 可以通过控制第一模块中的电机 M1 和电磁阀 P2~P6，以维持
5 驾驶员的踏板感觉或实现被制动轮的主动增压，ECU20 可以通过控制第二模块中的电机 M2 和电磁阀 P7~P18，以实现轮缸压力的独立控制。该工作模式下，制动系统可以具有 BBF、ABS、TCS、ESC 和 VAF 等全功能。此外，ECU10 还可以通过控制电磁阀 P1，实现对制动系统的质检。

工作模式二，在 ECU10 失效且 ECU30 和 ECU20 未失效时，ECU30 和 ECU20 协同实现车辆的制动功能。具体来说，ECU30 可以通过控制第一模块中的电机 M1 和电磁阀 P2~P6，
10 以维持驾驶员的踏板感觉或实现被制动轮的主动增压，ECU20 可以通过控制第二模块中的电机 M2 和电磁阀 P7~P18，以实现轮缸压力的独立控制。该工作模式下，制动系统仍然可以具有 BBF、ABS、TCS、ESC 和 VAF 等全功能。但由于 ECU30 未接入电磁阀 P1，因此该制动系统无法实现质检。

工作模式三，在 ECU10 和 ECU20 都失效且 ECU30 未失效时，ECU30 单独实现车辆的制动功能。由于 ECU30 可以控制第一模块中的电机 M1 和电磁阀 P2~P6，来实现主动增压功能。该情况下，制动系统仍能具有 BBF 和部分 AEB 等 VAF 功能，而 BBF 和部分 AEB
15 等 VAF 功能至少能提供 0.6g 的减速度，该减速度能适用于大部分的紧急制动场景。可见，虽然制动系统中的原有 ECU10 和 ECU20 都失效，导致制动系统无法提供最大的减速度，但冗余的 ECU30 也能保证车辆在多种场景下的紧急制动需求。

应理解，在 ECU30 和 ECU20 都失效且 ECU10 未失效时，ECU10 可以单独实现车辆的制动功能，该方案的具体实现方式与上述工作模式三相同，此处不再一一重复赘述。

另一种可能的应用方式中，图 5 示出本申请实施例提供的另一种应用冗余制动方案之后的制动系统的具体结构示意图，在该示例中，冗余的 ECU30 参照上述图 4 所示意的方式进行部署，从而也能实现与图 4 中相同的冗余制动功能。两种制动系统的区别在于：
20 25

图 4 中的移动活塞缸为单向移动活塞缸，而图 5 中的移动活塞缸为双向移动活塞缸，参照图 5 所示，第一模块中还包括电磁阀 P19，双向移动活塞缸在图示位置 g 处通过制动油管连接电磁阀 P19 后再经由制动油管连接电磁阀 P5 和电磁阀 P6，且，双向移动活塞缸中除了
30 在图示位置 d 处通过制动油管连接单向阀 K1 和油壶 130 以外，还会在图示位置 e 处通过制动油管连接油壶 130，以及在图示位置 f 处通过制动油管连接电磁阀 P5 和电磁阀 P6。且，在图 5 所示意的制动系统中，第一模块中原有的 ECU10 和冗余的 ECU30 还会同时接入电磁阀 P19。如此，在确定要对被制动轮主动增压时，冗余的 ECU30 控制电机 M1 沿着第一方向转动，并控制电磁阀 P19、电磁阀 P5 和电磁阀 P6 都导通，电机 M1 沿着第一方向的转动带动活塞杆向着图示右侧方向移动，该移动一方面使得双向移动活塞缸的右侧缸体中的油液通过位置 g 推入电磁阀 P19，进而经由导通的电磁阀 19 进入电磁阀 P5 和电磁阀 P6，之后经由导通的电磁阀 P5 和电磁阀 P6 流入第一模块和第二模块之间的两个制动油管，另一方面使得油壶 130 中的油液通过制动油路在位置 e 处流入双向移动活塞缸的左侧缸体。且，冗余的 ECU30 在根据电机位置传感器 E1 采集到的电机位置信息，确定出双向移动活塞缸中的活塞杆被推到图示最右侧后，控制电机 M1 沿着第二方向转动，并控制电磁阀 P19、电磁阀 P5 和电磁阀 P6 都断开。如此，电机 M1 沿着第二方向的转动会带
35 40

动活塞杆向着图示左侧方向移动，该移动一方面使得油壶 130 中的油液经由单向阀 K1 所在的制动油管在位置处流入双向移动活塞缸的右侧缸体，另一方面使得双向移动活塞缸的左侧缸体中的油液在图示位置 f 处流出，进而经由制动油管流入电磁阀 P5 和电磁阀 P6，之后通过导通的电磁阀 5 和电磁阀 P6 流入第一模块和第二模块之间的两个制动油管。可见，虽然采用双向移动活塞缸的方案比采用单向移动活塞缸的方案需要多设置一个电磁阀 P19，但在双向移动活塞缸的方案中，无论是活塞杆向左侧移动还是向右侧移动，被制动轮中都能持续不断的加入油液，有助于实现被制动轮的双向连续建压，有效提高被制动轮建压的速度。

再一种可能的应用方式中，图 6 示出本申请实施例提供的另一种应用冗余制动方案之后的制动系统的具体结构示意图，如图 6 所示，在该示例中，冗余的 ECU30 可以应用于第二模块，且，在应用后的第二模块中，冗余的 ECU30 和原有的 ECU20 共同接入电磁阀 P9~P12 和电磁阀 P15~P18，接入方式可以参照如下实施例三，此处先不作具体介绍。且，第二模块中的电磁阀 P7 和电磁阀 P14 属于常开的电磁阀，电磁阀 P8 和电磁阀 P13 属于常闭的电磁阀，也即是，在电磁阀 P7、P8、P13 和 P14 不通电的情况下，也能成功将第一模块中传输过来的油液传输至电磁阀 P9、P10、P15 和 P16，因此电磁阀 P7、P8、P13 和 P14 的控制与否与制动功能的相关性相对来说不是很大，因此冗余的 ECU30 可不接入电磁阀 P7、P8、P13 和 P14，以减轻共同接入的复杂程度。

在图 6 所示意的制动系统中，假设第一模块中的 ECU10 未失效，使得油液能够通过第一模块流入第二模块中的电磁阀 P8 和电磁阀 P13，由于冗余的 ECU30 和原有的 ECU20 同时接入电磁阀 P9、P10、P15 和 P16，因此，在 ECU20 失效时，如果要实现轮缸压力的独立控制，虽然 ECU20 无法再进行控制，但仍能通过冗余的 ECU30 对电磁阀 P9、电磁阀 P10、电磁阀 P15 和电磁阀 P16 的开度进行控制，以便使需要施加高压的被制动轮所连接的电磁阀具有较大的开度，进而使得流入至该电磁阀的油液尽可能多地通过该电磁阀进入被制动轮，实现被制动轮的高压制动，以及使需要施加低压的被制动轮所连接的电磁阀具有较小的开度，进而使得流入至该电磁阀的油液尽可能少地通过该电磁阀进入被制动轮，实现被制动轮的低压制动。

在图 6 所示意的制动系统中，假设第一模块中的 ECU10 失效，使得油液无法通过第一模块流入第二模块中的电磁阀 P8 和电磁阀 P13，由于冗余的 ECU30 和原有的 ECU20 同时接入电磁阀 P11、P12、P17 和 P18，因此，在 ECU20 失效时，如果要实现轮缸压力的独立控制，虽然 ECU20 无法再进行控制，但仍能通过冗余的 ECU30 对电磁阀 P11、P12、P17 和 P18 的导通和关断进行控制，以便使需要施压制动的被制动轮所连接的电磁阀导通，进而使得油壶 130 中的油液能通过导通的该电磁阀进入被制动轮，实现被制动轮的建压制动，以及使不需要施压的被制动轮所连接的电磁阀断开，进而使得油壶 130 中的油液通过断开的该电磁阀无法进入被制动轮。应理解，冗余的 ECU30 还可以控制电磁阀 P11、P12、P17 和 P18 的开度，以便控制对被制动轮 FL、RR、RL 和 FR 的施压大小，具体实现请参照上述内容，此处不再重复介绍。

示例性地，冗余的 ECU30 和原有的 ECU20 还可以同时接入第二模块中的电机 M2，如此，在 ECU20 失效时，如果油壶 130 和第一模块中的 ECU10 都出现问题，导致油液既无法通过油壶 130 进入第二模块，也无法通过第一模块进入第二模块，此时，仍能通过冗余的 ECU30 控制电机 M2 的转动，带动单向泵 S1 和单向泵 S2 工作，进而由单向泵 S1 和

单向泵 S2 将第二模块的储能器中储存的油液经由制动油管 and 单向阀 K2 吸入到电磁阀 P9、P10、P15 和 P16，通过冗余的 ECU30 对电磁阀 P9、P10、P15 和 P16 的开度的控制，实现对各个被制动轮的独立增压控制。

再一种可能的应用方式中，图 7 示出本申请实施例提供的再一种应用冗余制动方案之后的制动系统的具体结构示意图，在该示例中，冗余的 ECU30 参照上述图 6 所示意的方式进行部署，从而也能实现与图 6 中相同的冗余制动功能。两种制动系统的区别在于：图 6 中的移动活塞缸为单向移动活塞缸，而图 7 中的移动活塞缸为双向移动活塞缸，因此，图 6 中的应用方案能够节省一个电磁阀，且能够简化移动活塞缸的结构复杂度，有助于节省冗余设计的成本，而图 7 中的应用方案可以实现对被制动轮的双向连续建压，有助于提高建压的速度。关于双向移动活塞缸与单向移动活塞缸的区别，请直接参照上述图 4 和图 5，此处不再重复一一赘述。

需要说明的是，上述内容只是示例性地给出几种冗余 ECU 的可能应用方式，本申请实施例还可以采用其它方式应用冗余 ECU，例如在将冗余的 ECU30 应用在第二模块中时，还可以使冗余的 ECU30 和原有的 ECU20 同时接入第二模块中的电机 M2 和全部的电磁阀 P7~P18，以进一步实现对第二模块原本能实现的全部制动功能的冗余。可能的应用方式有很多，此处不再一一列举。

此外，本申请实施例中的冗余制动方案还可以兼容于现有的任一种制动系统，包括但不限于不具有冗余制动功能的制动系统、具有两重冗余制动功能的制动系统、以及具有三重或三重以上冗余制动功能的制动系统，示例性地可以应用于 IPB+RBU 构型或 iBooster+ESC 等，相关实现内容请参照上述实施例一，本申请对此不作具体介绍。

本申请实施例还提供一种集成装置，该集成装置可以将至少两个 ECU 集成在一个或多个印刷电路板（printed circuit board，PCB）上，并能实现较高的集成度。其中，该集成装置可以应用于终端设备，终端设备可以是智能设备，包括但不限于：智能家居设备，诸如电视、扫地机器人、智能台灯、音响系统、智能照明系统、电器控制系统、家庭背景音乐、家庭影院系统、对讲系统、视频监控等；智能运输设备，诸如汽车、轮船、无人机、火车、货车、卡车等；智能制造设备，诸如机器人、工业设备、智能物流、智能工厂等。或者，终端设备也可以是计算机设备，例如台式机、个人计算机、服务器等。还应当理解的是，终端设备也可以是便携式电子设备，诸如手机、平板电脑、掌上电脑、耳机、音响、穿戴设备（如智能手表）、车载设备、虚拟现实设备、增强现实设备等。便携式电子设备的示例包括但不限于搭载 iOS®、android®、microsoft®、Harmony® 或者其它操作系统的便携式电子设备。上述便携式电子设备也可以是诸如具有触敏表面（例如触控面板）的膝上型计算机（Laptop）等。

下面通过实施例二对该集成装置的可能结构进行详细地介绍。

【实施例二】

图 8 示例性示出本申请实施例提供的一种集成装置的结构示意图，如图 8 所示，该示例中，集成装置中包括 ECU1（即第一 ECU）、ECU2（即第二 ECU）、PCB1（即第一 PCB）、PCB（即第二 PCB）和板间连接器。其中，ECU1 和 ECU2 中的功率大于功率阈值的第一类型器件设置于 PCB1，ECU1 和 ECU2 中的功率不大于功率阈值的第二类型器件设置于 PCB2，且 PCB1 上的任一 ECU 中的第一类型器件还通过板间连接器连接 PCB2 上的 ECU

中的第二类型器件，即 PCB1 上的 ECU1 中的第一类型器件通过板间连接器连接 PCB2 上的 ECU1 中的第二类型器件，PCB1 上的 ECU2 中的第一类型器件通过板间连接器连接 PCB2 上的 ECU2 中的第二类型器件。如此，通过在一个 PCB 上集成大功率器件，在另一个 PCB 上集成小功率器件，不仅能实现对大功率器件和小功率器件的分类管理，还能通过分散部署两个 ECU 中的全部部件，使得每个 PCB 所承载的部件数量减少，进而减小每个 PCB 的幅面面积，降低每个 PCB 的承重。

为便于理解，下文将第一类型器件称为大功率器件，将第二类型器件称为小功率器件，即，下文中所出现的“大功率器件”可以直接替换为“第一类型器件”，下文中所出现的“小功率器件”可以直接替换为“第二类型器件”。

示例性地，小功率器件相比于大功率器件通常会具有更小的尺寸和更小的重量，因此，部署小功率器件的 PCB2 的幅面面积可以设置为比部署大功率器件的 PCB1 的幅面面积小，且部署小功率器件的 PCB2 的承重相比于部署大功率器件的 PCB1 的承重也会更低。如此，通过进一步降低 PCB2 的幅面面积，能在使用 PCB2 承载小功率器件的基础上，提高 PCB2 的幅面的利用率，进一步提高集成装置的集成度。

示例性地，继续参照图 8 所示，集成装置中还可以包括支撑架，PCB1 和 PCB2 通过支撑架固定连接，以确保 PCB1 和 PCB2 的相对位置不变。其中，通过支撑架固定连接 PCB1 和 PCB2 的方式有很多，例如，一个示例中，如图 8 所示，支撑架位于最顶层，PCB2 位于最底层，PCB1 位于支撑架和 PCB2 的中间，且 PCB1 上开孔，支撑架穿过开孔固定连接 PCB1 和 PCB2。采用该示例中的部署方案，承载小功率器件的 PCB2 的图示下方一侧可不放置其它板件，如此有助于 PCB2 的散热。当然，在其它示例中，如果不考虑散热，支撑架也可以位于最后一层，或者位于 PCB1 和 PCB2 的中间一层，或者支撑架也可以通过胶水粘贴等方式固定连接 PCB1 和 PCB2，而无需再在 PCB1 上开孔，以便进一步增大 PCB1 的有效可用面积。

示例性地，当支撑架通过开孔固定连接 PCB1 和 PCB2 时，该开孔可以是在图 8 所示意的位置 a1、位置 b1 和位置 c1，以便通过均衡开孔位置提高固定连接 PCB1 和 PCB2 的稳定性。

示例性地，继续参照图 8 所示，集成装置中还可以包括壳体，支撑架、PCB1 和 PCB2 放置在壳体内，且支撑架的至少一端固定在壳体上。该示例中，由于小功率器件产生的热量相对较少，因此，通过使集成小功率器件的 PCB2 紧靠壳体，还有助于通过壳体增大 PCB2 的散热面积，进一步提高 PCB2 的散热效果。

示例性地，继续参照图 8 所示，大功率器件可以设置于 PCB1 的相对于支撑架的面，小功率器件可以设置于 PCB2 的相对于 PCB1 的面。如此，通过在 PCB1 和 PCB2 的同一方向的面上部署大功率器件和小功率器件，还能有助于设置大功率器件和小功率器件之间的走线，降低实现集成的复杂程度。

示例性地，继续参照图 8 所示，集成装置中还可以包括阀体，阀体也称为混合集成单元 (hybrid combining unit, HCU)，用于容置受控部件。其中，受控部件可以如图 8 所示意的包括电机、电磁阀和传感器中的一项或多项，当然还可以包括其它外围器件，具体不作限定。该情况下，每个 ECU 中的大功率器件可以包括受控部件的驱动器，每个 ECU 中的小功率器件可以包括微控制器，且 ECU1 中的微控制器和 ECU2 中的微控制器还可以通过 PCB2 上的走线实现连接，以便实现 ECU1 和 ECU2 的通信，进而实现 ECU1 和 ECU2

对同一受控部件的联合冗余控制。

示例性地，继续参照图 8 所示，当受控部件包括电机、电磁阀和传感器时，每个 ECU 中的第一类型器件可以包括电机的驱动器和电磁阀的驱动器，每个 ECU 中的第二类型器件可以包括微控制器和传感器的接口，该情况下，PCB2 上的每个 ECU 中的微控制器可以通过 PCB2 上的走线连接 PCB2 上的该 ECU 中的传感器的接口，并通过板间连接器连接 PCB1 上的该 ECU 中的电机的驱动器和电磁阀的驱动器，且 PCB2 上的 ECU1 中的微控制器还可以通过 PCB2 上的走线连接 PCB2 上的 ECU2 中的微控制器。其中，传感器可以包括如图 8 所示意的包括电机位置传感器、压力传感器和踏板行程传感器，当然还可以包括其它传感器，具体不作限定。该示例中，阀体中的电机和电磁阀还可以引脚插接或通过接口点接在 PCB1 上的每个 ECU 的电机的驱动器和电磁阀的驱动器上，而阀体中的传感器还可以通过引脚插接在板间连接器后通过板间连接器的走线连接 PCB2 上的每个 ECU 的传感器的接口。且，支撑架还可以设置在电机、电磁阀和传感器的点接接口或插接接口的图示下方一侧，以便在支撑 PCB1 和 PCB2 的同时，同步起到支撑受控部件的目的，以维持受控部件与 PCB 上的器件的点接或插接的连接稳定性。

进一步示例性地，在实现 ECU1 和 ECU2 的联合冗余控制时，传感器的采集信息会通过板间连接器同步传输给 PCB2 上的 ECU1 中的传感器的接口和 ECU2 中的传感器的接口。假设当前用于控制的 ECU 为 ECU1，则 PCB2 上的 ECU1 中的传感器的接口所接收到的采集信息进一步通过 PCB2 上的走线传输给 ECU1 中的微控制器，以便于 ECU1 中的微控制器利用采集信息决策出下一步的控制方式。假设下一步的控制方式为驱动电机转动时，则 PCB2 上的 ECU1 中的微控制器进而可通过板间连接器将对应的控制消息发送给 PCB1 上的 ECU1 中的电机的驱动器，进而由电机的驱动器通过插接或点接的走线传输至电机对应的引脚，以驱动电机转动。同理，若下一步的控制方式为驱动电磁阀工作，则 PCB2 上的 ECU1 中的微控制器进而可通过板间连接器将对应的控制消息发送给 PCB1 上的 ECU1 中的电磁阀的驱动器，之后由电磁阀的驱动器通过插接或点接的走线传输至电磁阀对应的引脚，以驱动电磁阀导通或断开。且，由于 ECU2 当前并未用于控制，因此即使传感器的采集信息能够达到 ECU2 的传感器接口，ECU2 也不会接收该采集信息，进而也不会利用该传感器信息执行控制操作。

示例性地，考虑到 ECU1 中的微控制器和 ECU2 中的微控制器还需要与集成装置以外的器件进行通信，因此，PCB2 上可以设置有第一连接器和第二连接器，ECU1 中的微控制器通过第一连接器连接集成装置以外的其它通信单元，而 ECU2 中的微控制器通过第二连接器连接集成装置以外的其它通信单元。其中，第一连接器和第二连接器的外在呈现可以是接口，接口不限于 USB 或 Type-C 等。

采用如图 8 所示意的集成装置，通过在一个 PCB 上集成大功率器件，在另一个 PCB 上集成小功率器件，不仅能实现对大功率器件和小功率器件的分类管理，还能通过分散部署两个 ECU 中的全部部件，使得每个 PCB 所承载的部件数量减少，进而减小每个 PCB 的幅面面积，降低每个 PCB 的承重。且，通过使部署小功率器件的 PCB2 紧贴壳体，还有助于通过壳体增大 PCB2 的散热面积，进一步提高 PCB2 的散热效果。

图 9 示例性示出本申请实施例提供的另一种集成装置的结构示意图，如图 9 所示，该示例中，集成装置中包括 ECU1(即第一 ECU)、ECU2(即第二 ECU)、PCB1(即第一 PCB)、PCB2(即第二 PCB)和支撑架，PCB1 和 PCB2 通过支撑架固定连接。其中，ECU1 中的

器件设置于 PCB1, ECU2 中的器件设置于 PCB2。如此, 通过将两个 ECU 中的部件分别集成在不同的 PCB, 不仅能减少每个 PCB 所承载的部件数量, 进而有助于减小每个 PCB 的幅面面积, 降低每个 PCB 的承重, 还能实现两个 ECU 在物理结构上的解耦, 便于集成装置的开发和设计。

5 示例性地, 继续参照图 9 所示, 集成装置中还可以包括壳体, 支撑架、PCB1 和 PCB2 放置在壳体内, 且支撑架的至少一端固定在壳体上。如此, 壳体能够起到固定支撑架的作用, 以便依靠壳体的稳固特性, 提高固定连接 PCB1 和 PCB2 的稳定性。

10 示例性地, 继续参照图 9 所示, 支撑架位于最顶层, PCB2 位于最底层, PCB1 位于支撑架和 PCB2 的中间, 且 PCB1 上开孔, 支撑架穿过开孔固定连接 PCB1 和 PCB2。其中, 开孔示例性地可以是在图 9 所示意的位置 a2、位置 b2 和位置 c3, 以便通过均衡开孔提高固定连接的准确性。采用该示例中的部署方案, PCB2 的图示下方一侧可紧靠壳体, 因此还能通过壳体增大 PCB2 的散热面积, 进一步提高 PCB2 的散热效果。

15 应理解, 上述支撑架、PCB1 和 PCB2 在壳体中的部署方式只是一种示例, 支撑架、PCB1 和 PCB2 在壳体中还可以采用其它部署方式。例如, 另一种示例中, 支撑架位于最顶层, PCB1 位于最底层, PCB2 位于支撑架和 PCB1 的中间, 如此, PCB2 的图示下方一侧可紧靠壳体, 进而可通过壳体增大 PCB1 的散热面积, 提高 PCB1 的散热效果。又例如, 再一种示例中, PCB1 位于最顶层, PCB2 位于最底层, 支撑架位于 PCB1 和 PCB2 的中间, 如此, PCB1 的图示上方一侧和 PCB2 的图示下方一侧均可紧靠壳体, 进而可通过壳体增大 PCB1 和 PCB2 的散热面积, 提高 PCB1 和 PCB2 的散热效果。可能的部署方式有很多, 20 此处不再一一列举。

示例性地, 继续参照图 9 所示, 集成装置还可以包括板间连接器, 每个 ECU 中的器件可以包括微控制器, 且 ECU1 中的微控制器通过板间连接器连接 ECU2 中的微控制器, 以便实现两个 PCB 上的两个 ECU 之间的通信。

25 示例性地, 继续参照图 9 所示, ECU1 上的器件可以设置于 PCB1 的相对于支撑架的面, ECU2 上的器件可以设置于 PCB2 的相对于 PCB1 的面。如此, 通过在 PCB1 和 PCB2 的同一方向的面上部署 ECU1 中的器件和 ECU2 中的器件, 还能便于在板间连接器中设置 ECU1 的器件和 ECU2 的器件之间的走线, 如 ECU1 中的微控制器和 ECU2 中的微控制器的走线, 降低集成的复杂程度。

30 示例性地, 继续参照图 9 所示, 集成装置还可以包括阀体, 阀体也称为 HCU, 用于容置受控部件。其中, 受控部件可以如图 9 所示意的包括电机、电磁阀和传感器中的一项或多项, 当然还可以包括其它外围器件, 具体不作限定。该情况下, 每个 ECU 中的器件可以包括受控部件的驱动器和微控制器, ECU1 中的微控制器可以通过 PCB1 上的走线连接 ECU1 中的受控部件的驱动器, ECU2 中的微控制器可以通过 PCB2 上的走线连接 ECU2 中的受控部件的驱动器, 且 ECU1 中的微控制器和 ECU2 中的微控制器还可以通过板间连接器实现连接, 35 以实现 ECU1 和 ECU2 对同一受控部件的联合冗余控制。

40 示例性地, 继续参照图 9 所示, 当受控部件包括电机、电磁阀和传感器时, 每个 ECU 中的器件可以包括电机的驱动器、电磁阀的驱动器、微控制器和传感器的接口, 该情况下, PCB1 上的 ECU1 中的微控制器可以通过 PCB1 上的走线连接 PCB1 上的 ECU1 中的电机的驱动器、电磁阀的驱动器和传感器的接口, PCB2 上的 ECU2 中的微控制器可以通过 PCB2 上的走线连接 PCB2 上的 ECU2 中的电机的驱动器、电磁阀的驱动器和传感器的接口, 且

PCB1 上的 ECU1 中的微控制器还通过板间连接器连接 PCB2 上的 ECU2 中的微控制器。其中，传感器可以包括如图 9 所示意的包括电机位置传感器、压力传感器和踏板行程传感器，当然还可以包括其它传感器，具体不作限定。该示例中，阀体中的电机、电磁阀和传感器还可以通过引脚插接或通过接口点接在 PCB1 上的 ECU1 的电机的驱动器、电磁阀的驱动器和传感器的接口上，以及通过引脚插接或通过接口点接在板间连接器后通过板间连接器中的走线连接 PCB2 上的 ECU2 的电机的驱动器、电磁阀的驱动器和传感器的接口。且，支撑架还可以设置在电机、电磁阀和传感器的点接接口或插接接口的图示下方一侧，以便在支撑 PCB1 和 PCB2 的同时，同步起到支撑受控部件的目的，以维持受控部件与 PCB 上的器件的点接或插接的连接稳定性。

进一步示例性地，在实现 ECU1 和 ECU2 的联合冗余控制时，传感器的采集信息一方面可以通过传感器的引脚传输至 PCB1 上的 ECU1 中的传感器的接口，另一方面可以通过板间连接器传输至 PCB2 上的 ECU2 中的传感器的接口。假设 ECU2 是当前用于控制的 ECU，则 ECU2 可获得传感器接口接收到的采集信息，进而通过 PCB2 上的走线传输给 PCB2 上的 ECU2 中的微控制器，该微控制器利用采集信息决策出下一步的控制方式。当下一步的控制方式为驱动电机转动时，PCB2 上的 ECU2 中的微控制器可以通过 PCB2 上的走线将对应的控制消息发送至 PCB2 上的 ECU2 中的电机的驱动器，之后由该电机的驱动器传输至电机对应的引脚，以驱动电机转动。同理，当下一步的控制方式为驱动电磁阀工作时，PCB2 上的 ECU2 中的微控制器可以通过 PCB2 上的走线将对应的控制消息发送至 PCB2 上的 ECU2 中的电磁阀的驱动器，之后由电磁阀的驱动器传输至电磁阀对应的引脚，以驱动电磁阀导通或断开。且，由于 ECU1 当前并未用于控制，因此即使传感器的采集信息能够达到 PCB1 上的 ECU1 中的传感器的接口，ECU1 也不会接收该采集信息，进而也不会利用该传感器信息执行控制操作。

示例性地，考虑到 ECU1 中的微控制器和 ECU2 中的微控制器还需要与集成装置以外的器件进行通信，因此，PCB1 上还可以设置有第一连接器，ECU1 中的微控制器通过第一连接器连接集成装置以外的其它通信单元，以实现 ECU1 与其它通信单元的通信交互；相应地，PCB2 上还可以设置有第二连接器，ECU2 中的微控制器通过第二连接器连接集成装置以外的其它通信单元，以实现 ECU2 与其它通信单元的通信交互。其中，第一连接器和第二连接器的外在呈现可以是接口，接口不限于 USB 或 Type-C 等。

采用如图 9 所示意的集成装置，通过将两个 ECU 中的部件分别集成在不同的 PCB，不仅能减少每个 PCB 所承载的部件数量，进而有助于减小每个 PCB 的幅面面积，降低每个 PCB 的承重，还能实现两个 ECU 在物理结构上的解耦，便于集成装置的开发和设计。且，通过分层部署两个 PCB，还能提高靠近壳体的 PCB 的散热效果。

图 10 示例性示出本申请实施例提供的又一种集成装置的结构示意图，如图 10 所示，该示例中，集成装置中包括 ECU1（即第一 ECU）、ECU2（即第二 ECU）和 PCB，ECU1 中的器件和 ECU2 中的器件均集成于该 PCB。如此，通过将两个 ECU 中的部件都集成在同一 PCB 上，相比于集成在两个 PCB 上的方案来说，能有效减小集成装置的高度。且，该方式还能将所有相关器件的接口都设置在一个 PCB 单板上，因此还能通过一次压接的方式将部件和 PCB 上的器件的接口全部连接在一起，从而还有助于简化集成工艺。

示例性地，继续参照图 10 所示，集成装置中还可以包括支撑架和壳体，支撑架和 PCB 放置在壳体内，且支撑架的至少一端固定在壳体上。如此，壳体能够起到固定支撑架的作

用，以便依靠壳体的稳固特性，提高固定 PCB 的稳定性。

示例性地，继续参照图 10 所示，支撑架位于最顶层，PCB 位于最底层且紧贴壳体的下壳。如此，PCB 的图示下方一侧可紧靠壳体，因此还能通过壳体增大 PCB 的散热面积，进一步提高 PCB 的散热效果。

5 应理解，上述支撑架和 PCB 在壳体中的部署方式只是一种示例，支撑架和 PCB 在壳体中还可以采用其它部署方式。例如，另一种示例中，支撑架位于最低层，PCB 位于最顶层，如此，PCB 的图示上方一侧可紧靠壳体，因此也能通过壳体增大 PCB 的散热面积，提高 PCB 的散热效果。

10 示例性地，每个 ECU 中的器件可以包括微控制器，且 ECU1 中的微控制器通过 PCB 上的走线连接 ECU2 中的微控制器，以便实现 PCB 上的两个 ECU 之间的通信。

示例性地，继续参照图 10 所示，ECU1 中的器件和 ECU2 中的器件可以设置于 PCB 的相对于支撑架的面，如此，ECU1 和 ECU2 中的器件还能通过 PCB 的同一个面上所设置的走线实现连接，简化 PCB 上的走线部署方式，降低集成的复杂程度。

15 示例性地，继续参照图 10 所示，集成装置中还可以包括阀体，阀体也称为 HCU，用于容置受控部件。其中，受控部件可以如图 10 所示意的包括电机、电磁阀和传感器中的一项或多项，当然还可以包括其它外围器件，具体不作限定。该情况下，每个 ECU 中的器件可以包括受控部件的驱动器和微控制器，ECU1 中的微控制器可以通过 PCB 上的走线连接 ECU1 中的受控部件的驱动器，ECU2 中的微控制器可以通过 PCB 上的走线连接 ECU2 中的受控部件的驱动器，且 ECU1 中的微控制器和 ECU2 中的微控制器还可以通过 PCB 上的走线实现连接，以实现 ECU1 和 ECU2 对同一受控部件的联合冗余控制。

20 示例性地，继续参照图 10 所示，当受控部件包括电机、电磁阀和传感器时，每个 ECU 中的器件可以包括电机的驱动器、电磁阀的驱动器、微控制器和传感器的接口，该情况下，PCB 上的 ECU1 中的微控制器可以通过 PCB 上的走线连接 PCB 上的 ECU1 中的电机的驱动器、电磁阀的驱动器和传感器的接口，PCB 上的 ECU2 中的微控制器可以通过 PCB 上的走线连接 PCB 上的 ECU2 中的电机的驱动器、电磁阀的驱动器和传感器的接口，且 PCB 上的 ECU1 中的微控制器还通过 PCB 上的走线连接 PCB 上的 ECU2 中的微控制器。其中，传感器可以包括如图 10 所示意的包括电机位置传感器、压力传感器和踏板行程传感器，当然还可以包括其它传感器，具体不作限定。该示例中，阀体中的电机、电磁阀和传感器还可以通过引脚插接或通过接口点接在 PCB 上的 ECU1 中的电机的驱动器、电磁阀的驱动器和传感器的接口、以及 PCB 上的 ECU2 中的电机的驱动器、电磁阀的驱动器和传感器的接口上。且，支撑架还可以设置在电机、电磁阀和传感器的点接接口或插接接口的图示下方一侧，以便在支撑 PCB 的同时，同步起到支撑受控部件的目的，以维持受控部件与 PCB 上的器件的点接或插接的连接稳定性。

30 进一步示例性地，在实现 ECU1 和 ECU2 的联合冗余控制时，传感器的采集信息可以通过传感器的两个引脚分别传输至 PCB 上的 ECU1 中的传感器的接口和 ECU2 中的传感器的接口。假设 ECU1 是当前用于控制的 ECU，则 ECU1 会获得其传感器的接口接收到的采集信息，并传输给 PCB 上的 ECU1 中的微控制器，该微控制器利用采集信息决策出下一步的控制方式。当下一步的控制方式为驱动电机转动时，PCB 上的 ECU1 中的微控制器可以通过 PCB 上的走线将对应的控制消息发送至 PCB 上的 ECU1 中的电机的驱动器，之后由该电机的驱动器传输至电机对应的引脚，以驱动电机转动。同理，当下一步的控制方式为

驱动电磁阀工作时, PCB 上的 ECU1 中的微控制器可以通过 PCB 上的走线将对应的控制消息发送至 PCB 上的 ECU1 中的电磁阀的驱动器, 之后由该电磁阀驱动器传输至电磁阀对应的引脚, 以驱动电磁阀导通或断开。且, 由于 ECU2 当前并未用于控制, 因此即使传感器的采集信息能够达到 PCB 上的 ECU2 中的传感器的接口, ECU2 也不会接收该采集信息, 进而也不会利用该传感器信息执行控制操作。

示例性地, 考虑到 ECU1 中的微控制器和 ECU2 中的微控制器还需要与集成装置以外的器件进行通信, 因此, PCB 上还可以设置有第一连接器和第二连接器, ECU1 中的微控制器通过第一连接器连接集成装置以外的其它通信单元, ECU2 中的微控制器通过第二连接器连接集成装置以外的其它通信单元, 以实现与其它通信单元的通信交互。其中, 第一连接器和第二连接器的外在呈现可以是接口, 接口不限于 USB 或 Type-C 等。

采用如图 10 所示意的集成装置, 通过将两个 ECU 中的部件都集成在同一 PCB 上, 能是集成装置的高度依赖于一个 PCB 单板的高度, 相比于集成在两个 PCB 上的方案来说, 能有效减小集成装置的高度。且, 由于所有相关部件的对接接口都设置在一个 PCB 单板上, 因此还能通过一次压接的方式将阀体中的部件接口和 PCB 上的接口全部连接在一起, 从而还有助于简化集成工艺。再者, 由于两个 ECU 中的全部部件都集成在一个 PCB 上, 而该 PCB 的幅面直接靠近壳体, 因此, 部件在该 PCB 上产生的热量可以直接通过壳体传输出去, 该种集成方式能具有较好的散热效果。

应理解, 上述图 8 至图 10 中的 ECU1 和 ECU2 仅是用于表示与控制功能相关的电子元器件的集合, 并不代表每个 ECU 都是一个独立的物理装置。且, 上述集成装置中的部件可以都位于一个物理装置中, 也可以各自构成单独的物理装置, 还可以部分部件组合之后构成一个物理装置, 本申请实施例对此不作具体限定。另外, 每个 PCB 中除了可以包括上述内容所介绍的器件之外, 还可以包括其它器件, 本申请实施例对此也不作具体限定。

需要说明的是, 上述图 8 至图 10 所示意的集成装置只是以将受控部件的引脚或端口直接插接或点接在 PCB 的对应 ECU 中的部件为例进行介绍的。在实际操作中, 如果受控部件的引脚不够长, 或者受控部件的引脚和 PCB 的对应 ECU 中的部件的端口类型不匹配, 则还可以在集成装置中额外设置转接引脚, 转接引脚的一端连接 PCB 的对应 ECU 中的部件, 另一端连接受控部件的引脚或端口, 以实现受控部件和对应 ECU 中的部件之间的顺利通信。

此外, 图 8 至图 10 只是示例性地给出三种可能的集成方案, 在其它示例中, 还可以采用其它的集成方案集成两个 ECU, 例如, 还可以设置三个 PCB, 将 ECU1 上的大功率器件集成在第一个 PCB 上, 将 ECU2 上的大功率器件集成在第二个 PCB 上, 将 ECU1 和 ECU2 上的小功率器件一起集成在第三个 PCB 上, 该集成方案虽然会增加集成装置的厚度, 但可以进一步降低集成大功率器件的 PCB 的幅面面积和承重, 进一步提高集成大功率器件的 PCB 的散热能力。

且, 上述实施例二还可以应用于实施例一, 其中, 实施例二中的 ECU1 和 ECU2 可以对应为实施例一中的第一 ECU、第二 ECU 和冗余 ECU 中的任意两个。一个可能的示例中, 实施例二中的 ECU1 和 ECU2 可以对应为实施例一中的第一 ECU 或第二 ECU, 实施例二中的 ECU2 可以对应为实施例一中的冗余 ECU, 即, 实施例二中的集成方案可以作用于实施例一中的第一 ECU 和冗余 ECU, 也可以作用于实施例一中的第二 ECU 和冗余 ECU, 如此可在制动系统中添加冗余时, 进一步提高制动系统的集成度, 以进一步降低制动系统

5 的体积。此外，当集成方案应用于上述实施例一时，阀体在制动系统中也称为制动防抱死系统（anti-lock brake system, ABS）执行机构，内部容置有用于实现制动功能的制动执行器以及与制动相关的传感器，包括但不限于电机、电磁阀、电机位置传感器、压力传感器和踏板行程传感器等。关于其它制动执行器的集成方案可参照上述内容直接实现，此处不再一一赘述。

10 本申请实施例还提供一种接入控制装置，该接入控制装置可以将至少两个 ECU 接入同一制动执行器，并能对该制动执行器实现灵活的冗余控制。其中，该接入控制装置可以应用于具有制动功能的终端设备，终端设备可以是智能运输设备，诸如汽车、轮船、无人机、火车、货车、卡车等。

下面通过实施例三对该接入控制装置的可能结构和控制逻辑进行详细地介绍。

【实施例三】

15 图 11 示例性示出本申请实施例提供的一种接入控制装置的结构示意图，如图 11 所示，该示例中，接入控制装置可以包括 ECU1（即第一 ECU）、ECU2（即第二 ECU）和制动执行器，ECU1 和 ECU2 分别连接制动执行器，并能实现对制动执行器的单独或联合驱动，即，制动执行器可以单独由 ECU1 进行驱动，也可以单独由 ECU2 进行驱动，还可以由 ECU1 和 ECU2 进行联合驱动。如此，通过将两个 ECU 接入同一制动执行器，不仅能实现对同一制动执行器的冗余控制，还无需在冗余中额外设置其它的制动执行器，因此有助于在实现冗余控制的同时节省器件数量和成本。

20 进一步示例性地，ECU1 和 ECU2 中的某一个 ECU 为默认生效的 ECU，假设 ECU1，则在 ECU1 未故障的情况下，接入控制装置默认使用 ECU1 驱动制动执行器，在 ECU1 故障的情况下，接入控制装置再切换为 ECU2 驱动制动执行器，如此可灵活且有序地实现两个 ECU 对同一制动执行器的冗余控制。

25 进一步示例性地，制动执行器可以是能实现制动执行功能的任意器件，例如可以包括但不限于电机或电磁阀等。下面分别从电机和电磁阀的角度，介绍具体的接入控制方案。

制动执行器为电机

30 图 12 示例性示出本申请实施例提供的一种两个 ECU 接入同一电机的结构示意图，其中，电机中包括转轴、转子和定子，转子包括转子绕组和被转子绕组缠绕的转子铁芯，定子包括定子绕组和被定子绕组缠绕的定子铁芯，定子绕组通常为三相定子绕组。参照图 12 所示：

一种可能的接入方式中，参照图 12 中 (A) 所示，电机中的定子绕组为三相定子绕组，电机中还包括三相定子绕组对应的三个引脚 u、v 和 w，ECU1 和 ECU2 都包含三相交流端口，且这两个 ECU 的三相交流端口均连接三个引脚 u、v 和 w。在驱动电机转动时，ECU1 和 ECU2 中生效的 ECU 可以通过自己的三相交流端口向三个引脚 u、v 和 w 输入三相交流电，而未生效的 ECU 不向三个引脚 u、v 和 w 输入三相交流电。具体来说，在 ECU1 为默认生效的 ECU 的情况下，当 ECU1 未故障时，ECU1 向三相定子绕组提供三相交流电，当 ECU1 故障时，ECU2 向三相定子绕组提供三相交流电。进一步地，由于电机的三相定子绕组中任意两个相邻的定子绕组在相位上相差 120 度，该相位差使得三相定在绕组在 ECU1 或 ECU2 输入的三相交流电的作用下产生一个旋转磁场，该旋转磁场进而切割转子绕组，使得转子绕组中产生感应电流，该感应电流进而在电机转轴上形成电磁转矩，驱动电机旋

转, 且电机旋转方向与旋转磁场方向相同。该种接入方式能够复用电机中的三相绕组, 而无需额外添加其它的绕组, 因此能直接兼容于现有的电机, 且还有助于节省成本。

按照图 12 中 (A) 所示意的接入方式, 通过 ECU1 和 ECU2 冗余控制电机的方式有多种, 下面以 ECU1 提供三相交流电为例进行说明, 需要说明的是, 如下各个冗余控制方式可以单独执行也可以联合执行:

冗余控制方式一:

ECU1 在向三相定子绕组提供三相交流电的过程中, 还可以检测 ECU1 与三相定子绕组中的每相绕组的连接线路上的电流 (比如每个连接线路上设置有检测电阻, ECU1 监测每个连接线路上的检测电阻上流过的电流)。当 ECU1 与三相定子绕组中的某一相绕组的连接线路上的电流小于阈值时, 说明 ECU1 对该相绕组的电信号传输出现问题 (可能是 ECU 与连接线路的端口出现问题、连接线路短路、或连接线路短路等导致的)。该情况下, ECU1 可以向 ECU2 发送补充指示, 而 ECU2 在接收到补充指示后, 可以通过 ECU2 与该相绕组的连接线路, 向该相绕组提供补充电信号。可见, 该示例能在一个 ECU 向某个绕组提供电信号的过程出现故障时, 通过另一个 ECU 向该绕组补充电信号, 而另外两个绕组上的电信号则仍然可以由原来的 ECU 提供, 也即是说, 无需将全部绕组的电信号提供过程都切换到另一个 ECU 上, 如此可通过少量的切换操作, 在提高切换稳定性的基础上, 保证三相电流的准确供给。

冗余控制方式二:

ECU1 在向三相定子绕组提供三相交流电的过程中, 还可以监测当前制动需求的紧急程度, 在当前制动需求突然变得很紧急时, 说明当前需要紧急驱动电机, 该情况下, ECU1 一方面可以继续向三相定子绕组提供三相交流电, 另一方面还可以向 ECU2 发送生效指示, 而 ECU2 接收到生效指示后, 可以同样向三相定子绕组提供三相交流电。如此, 通过两个 ECU 一起向电机提供三相交流电, 能通过两部分三相交流电的强电流驱动, 加快电机的驱动速度和驱动力度。

冗余控制方式三:

ECU1 在向三相定子绕组提供三相交流电的过程中, 还可以监测所提供的三相交流电的大小变化情况, 当发现所提供的三相交流电相比于所发出的三相交流电小很多时, 意味着 ECU1 所发出的三相交流电在中间传输过程中具有较多的损耗, 该情况下, ECU1 一方面可以继续向三相定子绕组提供三相交流电, 另一方面还可以向 ECU2 发送生效指示, 而 ECU2 接收到生效指示后, 可以同样向三相定子绕组提供三相交流电。如此, 通过在一个 ECU 所提供的三相交流电不足时, 通过两个 ECU 一起向电机提供三相交流电, 能通过两部分三相交流电满足电机的驱动需求。

冗余控制方式四:

ECU1 在向三相定子绕组提供三相交流电的过程中, 还可以检测 ECU1 与三相定子绕组中的每相绕组的连接线路上的电流, 在与三相定子绕组中的任一相绕组的连接线路上的电流小于阈值时, 说明 ECU1 的驱动过程出现问题, 该情况下, ECU1 可以停止向三相定子绕组提供三相交流电, 并向 ECU2 发送生效指示, 而 ECU2 接收到根据生效指示后, 可以通过 ECU2 与三相定子绕组的连接线路, 向三相定子绕组提供三相交流电。如此, 通过在一个 ECU 的驱动过程出现问题时, 及时切换至另一 ECU 进行驱动, 能避免使用存在故障的 ECU 继续驱动, 维持电机驱动的准确性。

应理解，上述内容只是示例性介绍四种可能的冗余控制方式，本申请实施例中，还可以对上述任一种方式进行变形，得到其它的冗余控制方式，比如，再一种可能的冗余控制方式中，当 ECU1 发现当前制动需求突然变得很紧急时，或者发现 ECU1 所提供的三相交流电相比于所发出的三相交流电小很多时，ECU1 也可以停止向三相定子绕组提供三相交流电，并向 ECU2 发送生效指示，以便及时切换至 ECU2 驱动电机。可能的冗余驱动方式还有很多，此处不再一一列举。

示例性地，理论上来说，虽然 ECU1 和 ECU2 会按照上述冗余控制方式单独或联合向三相定子绕组提供电信号，但是可能还会由于软硬件异常的原因，导致实际电路中某个不应该提供电信号的 ECU 也会向某个或某些定子绕组提供电信号。该情况下，这个额外提供的电信号显然会影响到电机控制的精度。基于此，一种可选地实施方式中，在 ECU1 连接三个引脚 u、v 和 w 的线路上以及 ECU2 连接三个引脚 u、v 和 w 的线路上，还可以设置有切换电路，切换电路例如可以包括单刀单掷开关、单刀多掷开关或多刀多掷开关等。切换电路可以用于：在使用 ECU1 向三相定子绕组提供三相交流电时，导通 ECU1 与三个引脚 u、v 和 w 的连线，并断开 ECU2 与三个引脚 u、v 和 w 的连线，以及，在使用 ECU2 向三相定子绕组提供三相交流电时，导通 ECU2 与三个引脚 u、v 和 w 的连线，并断开 ECU1 与三个引脚 u、v 和 w 的连线。如此，即使某一个原本不应该提供三相交流电的 ECU 也向电机输出三相交流电，也能通过切换电路切断该 ECU 对电机的驱动链路，保证电机只在另一 ECU 的驱动下工作，有效提高冗余控制的准确性。

进一步示例性地，在按照上述冗余驱动方式一驱动电机时，ECU1 还可以在确定与三相定子绕组中的某一相绕组的连接线路上的电流小于阈值时，一方面向 ECU2 发送补充指示，另一方面还向切换电路发送第一切换指示，而切换电路接收到第一切换指示后，可以导通 ECU2 与该相绕组的连接线路，以便使 ECU2 所提供的补充电信号顺利传输至电机的该相绕组。

进一步示例性地，在按照上述冗余驱动方式二驱动电机时，ECU1 还可以在当前制动需求突然变得很紧急时，或者在按照上述冗余驱动方式三驱动电机时，ECU1 还可以在发现所提供的三相交流电相比于所发出的三相交流电小很多时，一方面可以向 ECU2 发送生效指示，另一方面还可以向切换电路发送第三切换指示，而切换电路接收到第三切换指示后，可以导通 ECU2 与三相定子绕组的连接线路，以便使 ECU2 所提供的三相交流电顺利传输至电机的三相定子绕组。

进一步示例性地，在按照上述冗余驱动方式四驱动电机时，ECU1 还可以在检测到与三相定子绕组中的任一相绕组的连接线路上的电流小于阈值时，一方面可以向 ECU2 发送生效指示，另一方面还可以向切换电路发送第二切换指示，而切换电路接收到第二切换指示后，可以断开 ECU1 与三相定子绕组的连接线路，并导通 ECU2 与三相定子绕组的连接线路，以便使 ECU2 所提供的三相交流电顺利传输至电机的三相定子绕组，同时截断由于 ECU1 故障而仍向三相定子绕组所提供的三相交流电，确保电机驱动的准确性。

另一种可能的接入方式中，参照图 12 中 (B) 所示，电机中的定子绕组可以包括两组三相定子绕组，电机中还包括第一组三相定子绕组对应的三个引脚 u1、v1 和 w1，以及第二组三相定子绕组对应的三个引脚 u2、v2 和 w2，ECU1 和 ECU2 都包含三相交流端口，ECU1 的三相交流端口连接第一组三相定子绕组对应的三个引脚 u1、v1 和 w1，ECU2 的三相交流端口连接第二组三相定子绕组对应的三个引脚 u2、v2 和 w2。在驱动电机转动时，

ECU1 和 ECU 中的生效的 ECU 可以通过自己的三相交流端口向所连接的三个引脚输入三相交流电，具体来说，在 ECU1 未故障的情况下，ECU1 可以通过自己的三相交流端口向三个引脚 u1、v1 和 w1 输入三相交流电，该三相交流电通过驱动第一组三相定子绕组产生旋转磁场以驱动电机转轴的转动；在 ECU1 故障的情况下，ECU2 可以通过自己的三相交流端口向三个引脚 u2、v2 和 w2 输入三相交流电，该三相交流电驱动第二组三相定子绕组产生旋转磁场以驱动电机转轴的转动。该种接入方式通过在电机中额外添加一组三相绕组，能通过每个 ECU 对各自对应的三相绕组的电信号，实现对电机的准确驱动，避免某一 ECU 的电信号对另一 ECU 的电信号造成干扰。

需要说明的是，在电机中包含两组三相定子绕组时，两组三相定子绕组可以都缠绕在定子铁芯的整个区域，但缠绕在定子铁芯上的方向不同，如此，无论哪组三相定子绕组通电，都能在定子铁芯的整个区域上产生旋转磁场。或者，两组三相定子绕组可以缠绕在定子铁芯的不同区域，例如第一组三相定子绕组和第二组三相定子绕组可以分别缠绕在铁芯的两个半边区域，而至于两个半边区域的大小关系则不作限定，例如可以是对半分，也可以是一边大一边小。又或者，两组三相定子绕组的部分绕组缠绕在定子铁芯的同一区域，另一部分绕组缠绕在定子铁芯的不同区域。可能的实现方式有很多，此处不再一一列举。

按照图 12 中 (B) 所示意的接入方式，以 ECU1 提供三相交流电为例进行说明，ECU1 在向第一组三相定子绕组提供三相交流电的过程中，还可以检测 ECU1 与第一组三相定子绕组中的每相绕组的连接线路上的电流。当 ECU1 与第一组三相定子绕组中的某一相绕组的连接线路上的电流小于阈值时，说明 ECU1 对第一组三相绕组的电信号传输出现问题，该情况下，ECU1 可以向 ECU2 发送生效指示，而 ECU2 在接收到生效指示后，可以通过 ECU2 与第二组三相定子绕组的连接线路，向第二组三相定子绕组提供三相交流电。可见，该示例能在一个 ECU 向某一组三相定子绕组提供电信号的过程出现故障导致无法驱动电机时，通过另一个 ECU 向另一组三相定子绕组提供的三相交流电来驱动电机，以在实现电机冗余控制的同时提高切换的及时性。

示例性地，在 ECU1 连接三个引脚 u1、v1 和 w1 的线路上以及 ECU2 连接三个引脚 u2、v2 和 w2 的线路上，还可以设置有切换电路，切换电路例如可以包括单刀单掷开关、单刀多掷开关或多刀多掷开关等。切换电路可以用于：在使用 ECU1 向第一组三相定子绕组提供三相交流电时，导通 ECU1 与三个引脚 u1、v1 和 w1 的连线，并断开 ECU2 与三个引脚 u2、v2 和 w2 的连线，以及，在使用 ECU2 向第二组三相定子绕组提供三相交流电时，导通 ECU2 与三个引脚 u2、v2 和 w2 的连线，并断开 ECU1 与三个引脚 u1、v1 和 w1 的连线。如此，即使某一个原本不应该提供三相交流电的 ECU 也向电机输出三相交流电，也能通过切换电路切断该 ECU 对电机的驱动链路，保证电机只在另一 ECU 的驱动下工作，有效提高冗余控制的准确性。

进一步示例性地，ECU1 还可以在检测到与第一组三相定子绕组中的任一相绕组的连接线路上的电流小于阈值时，一方面可以向 ECU2 发送生效指示，另一方面还可以向切换电路发送切换指示，而切换电路接收到切换指示后，可以断开 ECU1 与三个引脚 u1、v1 和 w1 的连接线路，并导通 ECU2 与三个引脚 u2、v2 和 w2 的连接线路，以便使 ECU2 所提供的三相交流电能顺利传输至电机的第二组三相定子绕组，同时截断由于 ECU1 故障而仍向第一组三相定子绕组所提供的三相交流电，确保电机驱动的准确性。

需要说明的是，上述只是示例性介绍两个 ECU 接入同一电机的两种可能方案，在实

际操作中，两个 ECU 还能通过其它方式接入同一电机，例如在两组三相定子绕组中，还可以存在一组三相定子绕组中的一个或多个绕组和第二组三相定子绕组中的一个或多个绕组相同，且相同的一个或多个绕组还可以对应同样的一个或多个引脚，该一个或多个引脚同时连接两个 ECU 中的一个或多个端口，而两个 ECU 的另外端口连接各自对应的三相定子绕组中的单独的绕组对应的引脚。如此，既能实现两个 ECU 对同一电机的单独控制，又能节省引脚和绕组的数量，有助于在节省成本的基础上实现冗余接入。关于该部分的具体实现，请参照下文中电磁阀的相关内容，此处先不作具体介绍。

制动执行器为电磁阀

图 13 示例性示出本申请实施例提供的一种两个 ECU 接入同一电磁阀的结构示意图，其中：

一种可能的接入方式中，参照图 13 中 (A) 所示，电磁阀中包括双线圈和被双线圈缠绕的铁芯，双线圈由两个线圈组成，且电磁阀中还包括双线圈对应的正极引脚（即图中所示意的符号“+”对应的引脚）和负极引脚（即图中所示意的符号“-”对应的引脚），正极引脚连接双线圈的其中一个线圈，负极引脚连接双线圈的另外一个线圈。ECU1 和 ECU2 都包含正极端口和负极端口，ECU1 和 ECU2 的正极端口分别连接双线圈的正极引脚，ECU1 和 ECU2 的负极端口分别连接双线圈的负极引脚。在驱动电磁阀时，ECU1 和 ECU2 中生效的 ECU 可以通过自己的正极端口和负极端口向双线圈的正极引脚和负极引脚输入直流电，而未生效的 ECU 则不向双线圈的正极引脚和负极引脚输入直流电。具体来说，在 ECU1 未故障的情况下，ECU1 可以向所连接的双线圈的正极引脚和负极引脚输入直流电，在 ECU1 故障的情况下，ECU2 可以向所连接的双线圈的正极引脚和负极引脚输入直流电。如此，双线圈能在所接受到的 ECU 输出的直流电的作用下产生磁场，该磁场使得双线圈所缠绕的铁芯移动，此时，如果电磁阀是常开阀（常开阀是指在不通电的情况下默认导通在通电的情况下断开的电磁阀），则该电磁阀会在生效的 ECU 所输入的直流电的作用下断开，如果电磁阀是常闭阀（常闭阀是指在不通电的情况下默认断开在通电的情况下导通的电磁阀），则该电磁阀会在生效的 ECU 所输入的直流电的作用下导通。该种接入方式能够复用电磁阀中的双线圈实现两个 ECU 对同一电磁阀的冗余驱动，而无需额外新增其它的线圈，因此不仅能直接兼容于现有的电磁阀，还有助于节省成本。

按照图 13 中 (A) 所示意的接入方式，通过 ECU1 和 ECU2 冗余控制电磁阀的方式有多种，下面以 ECU1 提供直流电为例进行说明，需要说明的是，如下各个冗余控制方式可以单独执行也可以联合执行：

冗余控制方式一：

ECU1 在向双线圈提供直流电的过程中，还可以检测 ECU1 与双线圈中的每个线圈的连接线路上的电流。当 ECU1 与双线圈中的某一个线圈的连接线路上的电流小于阈值时，说明 ECU1 对该线圈的电信号传输出现问题，该情况下，ECU1 可以向 ECU2 发送补充指示，而 ECU2 在接收到补充指示后，可以通过 ECU2 与该线圈的连接线路，向该线圈提供补充电信号。可见，该示例能在一个 ECU 向某个线圈提供电信号的过程出现故障时，通过另一个 ECU 向该线圈补充电信号，而另外一个线圈上的电信号则仍然可以由原来的 ECU 提供，也即是说，无需将全部线圈的电信号提供过程都切换到另一个 ECU 上，如此可通过少量的切换操作，在提高切换稳定性的基础上，通过两个 ECU 联合向电磁阀供给准确的直流电。

冗余控制方式二:

ECU1 在向双线圈提供直流电的过程中, 还可以监测当前制动需求的紧急程度, 在当前制动需求突然变得很紧急时, 说明当前需要紧急驱动电磁阀, 该情况下, ECU1 一方面可以继续向双线圈提供直流电, 另一方面还可以向 ECU2 发送生效指示, 而 ECU2 接收到生效指示后, 可以同样向双线圈提供直流电。如此, 通过两个 ECU 一起向电磁阀提供直流电, 能通过两部分直流电的强电流驱动, 加快电磁阀的驱动速度。

冗余控制方式三:

ECU1 在向双线圈提供直流电的过程中, 还可以监测所提供的直流电的大小变化情况, 当发现所提供的直流电相比于所发出的直流电小很多时, 意味着 ECU1 所发出的直流电在中间传输过程中具有较多的损耗, 该情况下, ECU1 一方面可以继续向双线圈提供直流电, 另一方面还可以向 ECU2 发送生效指示, 而 ECU2 接收到生效指示后, 可以同样向双线圈提供直流电。如此, 通过在一个 ECU 所提供的直流电不足时, 通过两个 ECU 一起向电磁阀提供直流电, 能通过两部分直流电满足电磁阀的驱动需求。

冗余控制方式四:

ECU1 在向双线圈提供直流电的过程中, 还可以检测 ECU1 与双线圈中的每个线圈的连接线路上的电流, 在与双线圈中的任一个线圈的连接线路上的电流小于阈值时, 说明 ECU1 的驱动过程出现问题, 该情况下, ECU1 可以停止向双线圈提供直流电, 并向 ECU2 发送生效指示, 而 ECU2 接收到根据生效指示后, 可以通过 ECU2 与双线圈的连接线路, 向双线圈提供直流电。如此, 通过在一个 ECU 的驱动过程出现问题时, 及时切换至另一 ECU 进行驱动, 能避免使用存在故障的 ECU 继续驱动, 维持电磁阀驱动的准确性。

应理解, 上述内容只是示例性介绍四种可能的冗余控制方式, 本申请实施例中, 还可以对上述任一种方式进行变形, 得到其它的冗余控制方式, 比如, 再一种可能的冗余控制方式中, 当 ECU1 发现当前制动需求突然变得很紧急时, 或者发现 ECU1 所提供的直流电相比于所发出的直流电小很多时, ECU1 也可以停止向双线圈提供直流电, 并向 ECU2 发送生效指示, 以便及时切换至 ECU2 驱动电磁阀。可能的冗余驱动方式还有很多, 此处不再一一列举。

示例性地, 在 ECU1 连接正极引脚和负极引脚的线路上以及 ECU2 连接正极引脚和负极引脚的线路上, 还可以设置有切换电路, 切换电路例如可以包括单刀单掷开关、单刀多掷开关或多刀多掷开关等。切换电路可以用于: 在使用 ECU1 向双线圈提供直流电时, 导通 ECU1 与正极引脚和负极引脚的连线, 并断开 ECU2 与正极引脚和负极引脚的连线, 以及, 在使用 ECU2 向双线圈提供直流电时, 导通 ECU2 与正极引脚和负极引脚的连线, 并断开 ECU1 与正极引脚和负极引脚的连线。如此, 即使某一个原本不应该提供直流电的 ECU 也向电磁阀输出直流电, 也能通过切换电路切断该 ECU 对电磁阀的驱动链路, 保证电磁阀只在另一 ECU 的驱动下工作, 有效提高冗余控制的准确性。

进一步示例性地, 在按照上述冗余驱动方式一驱动电磁阀时, ECU1 还可以在确定与双线圈中的某一个线圈的连接线路上的电流小于阈值时, 一方面向 ECU2 发送补充指示, 另一方面还向切换电路发送第一切换指示, 而切换电路接收到第一切换指示后, 可以导通 ECU2 与该线圈的连接线路, 以便使 ECU2 所提供的补充电信号顺利传输至电磁阀的该线圈。

进一步示例性地, 在按照上述冗余驱动方式二驱动电磁阀时, ECU1 还可以在当制

动需求突然变得很紧急时，或者在按照上述冗余驱动方式三驱动电磁阀时，ECU1 还可以在发现所提供的直流电相比于所发出的直流电小很多时，一方面可以向 ECU2 发送生效指示，另一方面还可以向切换电路发送第三切换指示，而切换电路接收到第三切换指示后，可以导通 ECU2 与双线圈的连接线路，以便使 ECU2 所提供的直流电顺利传输至电磁阀的双线圈。

进一步示例性地，在按照上述冗余驱动方式四驱动电磁阀时，ECU1 还可以在检测到与双线圈中的任一个线圈的连接线路上的电流小于阈值时，一方面可以向 ECU2 发送生效指示，另一方面还可以向切换电路发送第二切换指示，而切换电路接收到第二切换指示后，可以断开 ECU1 与双线圈的连接线路，并导通 ECU2 与双线圈的连接线路，以便使 ECU2 所提供的直流电顺利传输至电磁阀的双线圈，同时截断由于 ECU1 故障而仍向双线圈所提供的直流电，确保电磁阀驱动的准确性。

另一种可能的接入方式中，参照图 13 中 (B) 所示，电磁阀中可以包括两组双线圈和被两组双线圈缠绕的铁芯，第一组双线圈中包含第一正极线圈和第一负极线圈，第二组双线圈中包含第二正极线圈和第二负极线圈，电磁阀中还可以包含第一正极引脚（图示最上方的“+”引脚）、第二正极引脚（图示最下方的“+”引脚）和负极引脚，第一正极引脚连接第一组双线圈中的第一正极线圈，第二正极引脚连接第二组双线圈中的第二正极线圈，负极引脚同时连接第一组双线圈中的第一负极线圈和第二组双线圈中的第二负极线圈。ECU1 和 ECU2 都包含正极端口和负极端口，ECU1 的负极端口和 ECU2 的负极端口分别连接电磁阀的负极引脚，ECU1 的正极端口连接电磁阀的第一正极引脚，ECU2 的正极端口连接电磁阀的第二正极引脚。在控制电磁阀时，ECU1 和 ECU2 中的生效的 ECU 可以通过自己的正极端口和负极端口向电磁阀的与自己对应的正极引脚和电磁阀的负极引脚输入直流电，而未生效的 ECU 则不向电磁阀的另一个正极引脚和负极引脚输入直流电。具体来说，在 ECU1 未故障的情况下，ECU1 可以向第一正极引脚和负极引脚输入直流电，如此，第一组双线圈能在 ECU1 输出的直流电的作用下产生磁场，该磁场使得双线圈所缠绕的铁芯移动，进而使得属于常开阀的电磁阀通电后断开，或者属于常闭阀的电磁阀通电后导通。或者，在 ECU2 故障的情况下，ECU2 可以向第二正极引脚和负极引脚输入直流电，如此，第二组双线圈能在 ECU2 输出的直流电的作用下产生磁场，该磁场使得双线圈所缠绕的铁芯移动，进而使得属于常开阀的电磁阀通电后断开，或者属于常闭阀的电磁阀通电后导通。在该种接入方式中，通过复用电磁阀中的负极线圈，并单独设置每个 ECU 对应的正极线圈，既能降低电磁阀设置的复杂性，节省成本，又能尽量降低一个 ECU 的电信号对另一个 ECU 驱动的干扰。

需要说明的是，在上述接入方式中，由于电磁阀中的负极引脚会同时连接两组双线圈中的第一负极线圈和第二负极线圈，因此，第一负极线圈和第二负极线圈还可以设置为同一个线圈，统称为负极线圈，如此即可实现两个 ECU 接入同一电磁阀，又能节省线圈的数量，有助于在节省成本的基础上实现冗余控制。

按照图 13 中 (B) 所示意的接入方式，通过 ECU1 和 ECU2 冗余控制电磁阀的方式有多种，下面以 ECU1 提供直流电为例进行说明，需要说明的是，如下各个冗余控制方式可以单独执行也可以联合执行：

冗余控制方式一：

ECU1 在向第一组双线圈提供直流电的过程中，还可以检测 ECU1 与负极线圈的连接

线路上的电流。当 ECU1 与负极线圈的连接线路上的电流小于阈值时,说明 ECU1 对负极线圈的电信号传输出现问题,该情况下,ECU1 可以向 ECU2 发送补充指示,而 ECU2 在接收到补充指示后,可以通过 ECU2 与负极线圈的连接线路,向负极线圈提供补充电信号。可见,该示例能在一个 ECU 向负极线圈提供电信号的过程出现故障时,通过另一个 ECU 向负极线圈补充电信号,而第一正极线圈上的电信号则仍然可以由原来的 ECU 提供,也即是说,无需将另一个线圈的电信号提供过程切换到另一个 ECU 上,如此可通过少量的切换操作,在提高切换稳定性的基础上,保证直流电的准确供给。

冗余控制方式二:

ECU1 在向第一组双线圈提供直流电的过程中,还可以检测 ECU1 与第一正极线圈和负极线圈的连接线路上的电流,在与任一个线圈的连接线路上的电流小于阈值时,说明 ECU1 的驱动过程出现问题,该情况下,ECU1 可以停止向第一组双线圈提供直流电,并向 ECU2 发送生效指示,而 ECU2 接收到根据生效指示后,可以通过 ECU2 与第二组双线圈的连接线路,向第二组双线圈提供直流电。如此,通过在一个 ECU 的驱动过程出现问题时,及时切换至另一 ECU 进行驱动,能避免使用存在故障的 ECU 继续驱动,维持电磁阀驱动的准确性。

示例性地,在 ECU1 连接第一正极线圈和负极线圈的线路上以及 ECU2 连接第二正极线圈和负极线圈的线路上,还可以设置有切换电路,切换电路例如可以包括单刀单掷开关、单刀多掷开关或多刀多掷开关等。切换电路可以用于:在使用 ECU1 向第一组双线圈提供直流电时,导通 ECU1 与第一正极线圈和负极线圈的连线,并断开 ECU2 与第二正极线圈和负极线圈的连线,以及,在使用 ECU2 向第二组双线圈提供直流电时,导通 ECU2 与第二正极线圈和负极线圈的连线,并断开 ECU1 与第一正极线圈和负极线圈的连线。如此,即使某一个原本不应该提供直流电的 ECU 也向电磁阀输出直流电,也能通过切换电路切断该 ECU 对电磁阀的驱动链路,保证电磁阀只在另一 ECU 的驱动下工作,有效提高冗余控制的准确性。

进一步示例性地,在按照上述冗余驱动方式一驱动电磁阀时,ECU1 还可以在确定与负极线圈的连接线路上的电流小于阈值时,一方面向 ECU2 发送补充指示,另一方面还向切换电路发送第一切换指示,而切换电路接收到第一切换指示后,可以导通 ECU2 与正极线圈的连接线路,以便使 ECU2 所提供的补充电信号顺利传输至电磁阀的负极线圈。

进一步示例性地,在按照上述冗余驱动方式二驱动电磁阀时,ECU1 还可以在检测到与第一组双线圈中的任一个线圈的连接线路上的电流小于阈值时,一方面可以向 ECU2 发送生效指示,另一方面还可以向切换电路发送第二切换指示,而切换电路接收到第二切换指示后,可以断开 ECU1 与第一组双线圈的连接线路,并导通 ECU2 与第二组双线圈的连接线路,以便使 ECU2 所提供的直流电顺利传输至电磁阀的第二组双线圈,同时截断由于 ECU1 故障而仍向第一组双线圈所提供的直流电,确保电磁阀驱动的准确性。

需要说明的是,还可以对上述图 13 中 (B) 所示意的结构进行一些变形,得到其它的接入方案。例如,再一种接入方案中,电磁阀中还可以包含第一负极线圈、第二负极线圈和正极线圈,ECU1 连接正极线圈和第一负极线圈,ECU2 连接正极线圈和第二负极线圈,以便通过共正极线圈的方式,在减少线圈数量的同时实现冗余控制。具体的冗余实现过程可直接参照上述共负极线圈的冗余实现方式,此处不再一一重复赘述。

再一种可能的接入方式中,参照图 13 中 (C) 所示,电磁阀中包括两组双线圈和被两

组双线圈缠绕的铁芯，第一组双线圈中包含第一正极线圈和第一负极线圈，第二组双线圈中包含第二正极线圈和第二负极线圈，电磁阀中还可以包含两个正极引脚和两个负极引脚，其中一个正极引脚和一个负极引脚连接第一正极线圈和第一负极线圈，另一个正极引脚和另一个负极引脚连接第二正极线圈和第二负极线圈。ECU1 和 ECU2 都包含正极端口和负极端口，ECU1 的正极端口和负极端口连接第一组双线圈对应的正极引脚和负极引脚，ECU2 的正极端口和负极端口连接第二组双线圈对应的正极引脚和负极引脚。在控制电磁阀时，ECU1 和 ECU2 中的生效的 ECU 可以通过自己的正极端口和负极端口向电磁阀的与自己对应的正极引脚和负极引脚输入直流电，未生效的 ECU 则不向电磁阀的另一个正极引脚和另一个负极引脚输入直流电。具体来说，在 ECU1 未故障的情况下，ECU1 向第一正极线圈和第一负极线圈输入直流电，以便使第一组双线圈能在 ECU1 所输出的直流电的作用下产生磁场，驱动第一组双线圈所缠绕的铁芯移动，进而使得属于常开阀的电磁阀通电后断开，或者属于常闭阀的电磁阀通电后导通。或者，在 ECU1 故障的情况下，ECU2 向第二正极线圈和第二负极线圈输入直流电，以便使第二组双线圈能在 ECU2 所输出的直流电的作用下产生磁场，驱动第二组双线圈所缠绕的铁芯移动，进而使得属于常开阀的电磁阀通电后断开，或者属于常闭阀的电磁阀通电后导通。采用该种接入方式，通过在电磁阀中额外添加一组双线圈，能通过每个 ECU 对各自对应的双线圈的电信号，实现对电磁阀的准确驱动，避免某一 ECU 的电信号对另一 ECU 的电信号造成干扰。

需要说明的是，在电磁阀中包含两组双线圈时，两组双线圈可以都缠绕在铁芯的整个区域，但缠绕在铁芯上的方向不同，如此，无论哪组双线圈通电，都能在铁芯的整个区域上产生磁场。或者，两组双线圈可以缠绕在铁芯的不同区域，例如第一组双线圈和第二组双线圈可以分别缠绕在铁芯的两个半边区域，而至于两个半边区域的大小关系则不作限定，例如可以是对半分，也可以是一边大一边小。又或者，两组双线圈的部分线圈缠绕在铁芯的同一区域，另一部分线圈缠绕在铁芯的不同区域。可能的实现方式有很多，此处不再一一列举。

按照图 13 中 (C) 所示意的接入方式，以 ECU1 提供直流电为例进行说明，ECU1 在向第一组双线圈提供直流电的过程中，还可以检测 ECU1 与第一组双线圈中的每个线圈的连接线路上的电流。当 ECU1 与第一组双线圈中的某一个线圈的连接线路上的电流小于阈值时，说明 ECU1 对第一组双线圈的电信号传输出现问题，该情况下，ECU1 可以向 ECU2 发送生效指示，而 ECU2 在接收到生效指示后，可以通过 ECU2 与第二组双线圈的连接线路，向第二组双线圈提供直流电。可见，该示例能在一个 ECU 向某一组双线圈提供电信号的过程出现故障导致无法驱动电磁阀时，通过另一个 ECU 向另一组双线圈提供的直流电来驱动电磁阀，以便实现电磁阀冗余控制的同时提高切换的及时性。

示例性地，在 ECU1 连接第一正极线圈和第一负极线圈的线路上以及 ECU2 连接第二正极线圈和第二负极线圈的线路上，还可以设置有切换电路，切换电路例如可以包括单刀单掷开关、单刀多掷开关或多刀多掷开关等。切换电路可以用于：在使用 ECU1 向第一组双线圈提供直流电时，导通 ECU1 与第一正极线圈和第一负极线圈的连线，并断开 ECU2 与第二正极线圈和第二负极线圈的连线，以及，在使用 ECU2 向第二组双线圈提供直流电时，导通 ECU2 与第二正极线圈和第二负极线圈的连线，并断开 ECU1 与第一正极线圈和第一负极线圈的连线。如此，即使某一个原本不应该提供直流电的 ECU 也向电磁阀输出直流电，也能通过切换电路切断该 ECU 对电磁阀的驱动链路，保证电磁阀只在另一 ECU

的驱动下工作，有效提高冗余控制的准确性。

进一步示例性地，ECU1 还可以在检测到与第一组双线圈中的任一个线圈的连接线路上的电流小于阈值时，一方面向 ECU2 发送生效指示，另一方面还向切换电路发送切换指示，而切换电路接收到切换指示后，可以断开 ECU1 与第一正极线圈和第一负极线圈的连接线路，并导通 ECU2 与第二正极线圈和第二负极线圈的连接线路，以便使 ECU2 所提供的直流电能顺利传输至电磁阀的第二组双线圈，同时截断由于 ECU1 故障而仍向第一组双线圈所提供的直流电，确保电磁阀驱动的准确性。

在上述实施例三中，通过将两个 ECU 接入同一制动执行器，不仅能实现对同一制动执行器的冗余控制，还无需在冗余中额外设置其它的制动执行器，因此有助于在实现冗余控制的同时节省器件数量和成本。根据本申请实施例提供的方案，本申请还提供一种控制方法，该控制方法用于两个 ECU 冗余控制同一制动执行器，具体实现流程可参照上述实施例三中的 ECU1 和 ECU2。

根据本申请实施例提供的方案，本申请还提供一种计算机程序产品，该计算机程序产品包括：计算机程序代码，当该计算机程序代码在计算机上运行时，使得该计算机执行上述控制方法。

根据本申请实施例提供的方案，本申请还提供一种计算机可读存储介质，该计算机可读介质存储有程序代码，当该程序代码在计算机上运行时，使得该计算机执行上述控制方法。

根据本申请实施例提供的方案，本申请还提供一种终端设备，包括如上述实施例一所示意的制动系统，或包括如上述实施例二所示意的集成装置，或包括如上述实施例三所示意的接入控制装置。

示例性地，终端设备可以是智能家居设备（包括但不限于电视、扫地机器人、智能台灯、音响系统、智能照明系统、电器控制系统、家庭背景音乐、家庭影院系统、对讲系统、视频监控等）、智能运输设备（包括但不限于汽车、轮船、无人机、火车、货车、卡车等）、智能制造设备（包括但不限于机器人、工业设备、智能物流、智能工厂等）、计算机设备（包括但不限于台式机、个人计算机、服务器等）、便携式电子设备（包括但不限于手机、平板电脑、掌上电脑、耳机、音响、穿戴设备（如智能手表）、车载设备、虚拟现实设备、增强现实设备等）。

在本说明书中使用的术语“部件”、“模块”、“系统”等用于表示计算机相关的实体、硬件、固件、硬件和软件的组合、软件、或执行中的软件。例如，部件可以是但不限于，在处理器上运行的进程、处理器、对象、可执行文件、执行线程、程序和/或计算机。通过图示，在计算设备上运行的应用和计算设备都可以是部件。一个或多个部件可驻留在进程和/或执行线程中，部件可位于一个计算机上和/或分布在两个或更多个计算机之间。此外，这些部件可从在上面存储有各种数据结构的各种计算机可读介质执行。部件可例如根据具有一个或多个数据分组（例如来自与本地系统、分布式系统和/或网络间的另一部件交互的二个部件的数据，例如通过信号与其它系统交互的互联网）的信号通过本地和/或远程进程来通信。

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种说明性逻辑块（illustrative logical block）和步骤（step），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例方案的目的。

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，服务器，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。

以上所述，仅为本申请的具体实施方式，但本申请的保护范围并不局限于此，任何熟悉本技术领域的技术人员在本申请揭露的技术范围内，可轻易想到变化或替换，都应涵盖在本申请的保护范围之内。因此，本申请的保护范围应以所述权利要求的保护范围为准。

权 利 要 求

1.一种制动系统，其特征在于，包括：

油壶、主缸模块、制动踏板、推杆、第一压力控制单元、第二压力控制单元、第一电子控制单元 ECU、第二 ECU 和冗余 ECU；

5 所述制动踏板通过所述推杆连接所述主缸模块，所述油壶、所述主缸模块、所述第一压力控制单元和所述第二压力控制单元依次通过油路连接，且所述第二压力控制单元还通过油路连接被制动轮；

所述第一 ECU，用于控制所述第一压力控制单元中的制动执行器；

所述第二 ECU，用于控制所述第二压力控制单元中的制动执行器；

10 所述冗余 ECU，用于控制所述第一压力控制单元中的至少一个制动执行器，和/或，控制所述第二压力控制单元中的至少一个制动执行器；

所述第一压力控制单元和所述第二压力控制单元，用于在所述第一 ECU、所述第二 ECU 和所述冗余 ECU 中的至少一个 ECU 的控制下，单独或联合完成对所述被制动轮的制动操作。

15 2.如权利要求 1 所述的制动系统，其特征在于，所述冗余 ECU 控制所述第一压力控制单元中的至少一个制动执行器的情况下：

所述第一 ECU 未失效时，使用所述第一 ECU 控制所述第一压力控制单元中的制动执行器，所述第一 ECU 失效时，使用所述冗余 ECU 控制所述第一压力控制单元中的至少一个制动执行器。

20 3.如权利要求 2 所述的制动系统，其特征在于，

所述第一压力控制单元，用于在所述第一 ECU 或所述冗余 ECU 的控制下，完成对所述被制动轮的基础制动操作或自动紧急刹车操作；

所述第二压力控制单元，用于在所述第二 ECU 的控制下，完成对所述被制动轮的防抱死制动操作、牵引力控制操作或电子稳定性控制操作；

25 所述第一压力控制单元和所述第二压力控制单元，用于在所述第一 ECU 和所述第二 ECU、或者所述冗余 ECU 和所述第二 ECU 的控制下，完成对所述被制动轮的基础制动操作、自动紧急刹车操作、防抱死制动操作、牵引力控制操作、电子稳定性控制操作、自适应巡航控制操作或附加制动操作。

30 4.如权利要求 1 所述的制动系统，其特征在于，所述冗余 ECU 控制所述第二压力控制单元中的至少一个制动执行器的情况下：

所述第二 ECU 未失效时，使用所述第二 ECU 控制所述第二压力控制单元中的制动执行器，所述第二 ECU 失效时，使用所述冗余 ECU 控制所述第二压力控制单元中的至少一个制动执行器。

35 5.如权利要求 4 所述的制动系统，其特征在于，所述冗余 ECU 控制所述第二压力控制单元中的至少一个制动执行器的情况下：

所述第一压力控制单元，用于在所述第一 ECU 的控制下，完成对所述被制动轮的基础制动操作或自动紧急刹车操作；

所述第二压力控制单元，用于在所述第二 ECU 或所述冗余 ECU 的控制下，完成对所述被制动轮的防抱死制动操作、牵引力控制操作或电子稳定性控制操作；

所述第一压力控制单元和所述第二压力控制单元，用于在所述第一 ECU 和所述第二 ECU、或者所述第一 ECU 和所述冗余 ECU 的控制下，完成对所述车轮的基础制动操作、自动紧急刹车操作、防抱死制动操作、牵引力控制操作、电子稳定性控制操作、自适应巡航控制操作或附加制动操作。

5 6.如权利要求 1 至 5 中任一项所述的制动系统，其特征在于，所述主缸模块集成在所述第一压力控制单元内，或者所述主缸模块独立于所述第一压力控制单元。

7.如权利要求 1 至 6 中任一项所述的制动系统，其特征在于，所述制动执行器包括电机和/或电磁阀。

8.一种集成装置，其特征在于，包括：

10 第一 ECU、第二 ECU、第一印刷电路板 PCB、第二 PCB 和板间连接器；

所述第一 ECU 和所述第二 ECU 中的功率大于功率阈值的第一类型器件设置于所述第一 PCB，所述第一 ECU 和所述第二 ECU 中的功率不大于所述功率阈值的第二类型器件设置于所述第二 PCB，且所述第一 PCB 上的任一 ECU 中的第一类型器件通过所述板间连接器连接所述第二 PCB 上的所述 ECU 中的第二类型器件。

15 9.如权利要求 8 所述的装置，其特征在于，还包括支撑架，所述第一 PCB 和所述第二 PCB 通过所述支撑架固定连接。

10.如权利要求 9 所述的装置，其特征在于，所述支撑架位于最顶层，所述第二 PCB 位于最底层，所述第一 PCB 位于所述支撑架和所述第二 PCB 的中间，且所述第一 PCB 上开孔，所述支撑架穿过所述开孔固定连接所述第一 PCB 和所述第二 PCB。

20 11.如权利要求 10 所述的装置，其特征在于，所述第一类型器件设置于所述第一 PCB 的相对于所述支撑架的面，所述第二类型器件设置于所述第二 PCB 的相对于所述第一 PCB 的面。

25 12.如权利要求 9 至 11 中任一项所述的装置，其特征在于，还包括壳体，所述支撑架、所述第一 PCB 和所述第二 PCB 放置在所述壳体内，且所述支撑架的至少一端固定在所述壳体上。

13.如权利要求 8 至 12 中任一项所述的装置，其特征在于，所述第二 PCB 的幅面面积小于所述第一 PCB 的幅面面积。

14.如权利要求 8 至 13 中任一项所述的装置，其特征在于，还包括阀体，所述阀体用于容置受控部件；

30 任一 ECU 中的第一类型器件包括所述受控部件的驱动器，任一 ECU 中的第二类型器件包括微控制器；且，

所述第一 ECU 中的微控制器和所述第二 ECU 中的微控制器通过所述第二 PCB 上的走线实现连接。

35 15.如权利要求 14 所述的装置，其特征在于，所述受控部件包括电机、电磁阀和传感器；

任一 ECU 中的第一类型器件包括所述电机的驱动器和所述电磁阀的驱动器，任一所述 ECU 中的第二类型器件包括所述微控制器和所述传感器的接口。

16.一种集成装置，其特征在于，包括：

40 第一 ECU、第二 ECU、第一 PCB、第二 PCB 和支撑架，所述第一 PCB 和所述第二 PCB 通过所述支撑架固定连接；

所述第一 ECU 中的器件设置于所述第一 PCB, 所述第二 ECU 中的器件设置于所述第二 PCB。

17. 如权利要求 16 所述的装置, 其特征在于, 还包括板间连接器;

任一 ECU 中的器件包括微控制器; 且,

所述第一 ECU 中的微控制器通过所述板间连接器连接所述第二 ECU 中的微控制器。

18. 如权利要求 17 所述的装置, 其特征在于, 还包括阀体, 所述阀体用于容置受控部件;

任一 ECU 中的器件还包括所述受控部件的驱动器;

所述第一 ECU 中的微控制器通过所述第一 PCB 上的走线连接所述第一 ECU 中的受控部件的驱动器;

所述第二 ECU 中的微控制器通过所述第二 PCB 上的走线连接所述第二 ECU 中的受控部件的驱动器。

19. 如权利要求 17 或 18 所述的装置, 其特征在于, 所述受控部件包括电机、电磁阀和传感器;

任一 ECU 中的器件还包括所述电机的驱动器、所述电磁阀的驱动器和所述传感器的接口。

20. 如权利要求 16 至 19 中任一项所述的装置, 其特征在于, 还包括壳体, 所述支撑架、所述第一 PCB 和所述第二 PCB 放置在所述壳体内, 且所述支撑架的至少一端固定在所述壳体上。

21. 如权利要求 16 至 20 中任一项所述的装置, 其特征在于, 所述支撑架位于最顶层, 所述第二 PCB 位于最底层, 所述第一 PCB 位于所述支撑架和所述第二 PCB 的中间, 且所述第一 PCB 上开孔, 所述支撑架穿过所述开孔固定连接所述第一 PCB 和所述第二 PCB。

22. 如权利要求 21 所述的装置, 其特征在于, 所述第一 ECU 中的器件设置于所述第一 PCB 的相对于所述支撑架的面, 所述第二 ECU 中的器件设置于所述第二 PCB 的相对于所述第一 PCB 的面。

23. 一种集成装置, 其特征在于, 包括:

第一电子控制单元 ECU、第二 ECU 和印刷电路板 PCB;

所述第一 ECU 中的器件和所述第二 ECU 中的器件集成于所述 PCB。

24. 如权利要求 23 所述的装置, 其特征在于, 任一所述 ECU 中的器件包括微控制器, 且所述第一 ECU 中的微控制器通过所述 PCB 上的走线连接所述第二 ECU 中的微控制器。

25. 如权利要求 24 所述的装置, 其特征在于, 还包括阀体, 所述阀体用于容置受控部件;

任一所述 ECU 中的器件还包括所述受控部件的驱动器, 且所述 ECU 中的微控制器通过所述 PCB 上的走线连接所述 ECU 中的受控部件的驱动器。

26. 如权利要求 24 或 25 所述的装置, 其特征在于, 所述受控部件包括电机、电磁阀和传感器;

任一所述 ECU 中的器件还包括所述电机的驱动器和所述电磁阀的驱动器和所述传感器的接口。

27. 如权利要求 23 至 26 中任一项所述的装置, 其特征在于, 还包括支撑架和壳体, 所述支撑架和所述 PCB 放置在所述壳体内, 且所述支撑架的至少一端固定在所述壳体上。

28.如权利要求 27 中任一项所述的装置,其特征在于,所述支撑架位于最顶层,所述 PCB 位于最底层且紧贴壳体的下壳。

29.如权利要求 28 所述的装置,其特征在于,所述第一 ECU 中的器件和所述第二 ECU 中的器件设置于所述 PCB 的相对于所述支撑架的面。

5 30.一种接入控制装置,其特征在于,包括:

第一电子控制单元 ECU、第二 ECU 和制动执行器,所述第一 ECU 和所述第二 ECU 分别连接所述制动执行器;

所述第一 ECU 和所述第二 ECU,用于单独或联合驱动所述制动执行器。

10 31.如权利要求 30 所述的装置,其特征在于,所述制动执行器包括电机,所述电机包括三相绕组,所述第一 ECU 和所述第二 ECU 通过线路分别连接所述三相绕组;

所述第一 ECU 为默认生效的 ECU:

所述第一 ECU 未故障的情况下,使用所述第一 ECU 向所述三相绕组提供三相交流电;

所述第一 ECU 故障的情况下,使用所述第二 ECU 向所述三相绕组提供三相交流电。

32.如权利要求 31 所述的装置,其特征在于,

15 所述第一 ECU,用于在向所述三相绕组提供三相交流电的过程中,检测所述第一 ECU 与所述三相绕组中的每相绕组的连接线路上的电流,在与所述三相绕组中的第一相绕组的连接线路上的电流小于阈值时,向所述第二 ECU 发送补充指示;所述第一相绕组为所述三相绕组中的任一相绕组;

20 所述第二 ECU,用于根据所述补充指示,通过所述第二 ECU 与所述第一相绕组的连接线路,向所述第一相绕组提供补充电信号。

33.如权利要求 32 所述的装置,其特征在于,还包括切换电路,所述切换电路设置在所述第一 ECU 与所述三相绕组的连接线路、以及所述第二 ECU 与所述三相绕组的连接线路上;

25 所述第一 ECU,还用于:在与所述第一相绕组的连接线路上的电流小于阈值时,向所述切换电路发送第一切换指示;

所述切换电路,用于:根据所述第一切换指示,断开所述第一 ECU 与所述第一相绕组的连接线路,以及导通所述第二 ECU 与所述第一相绕组的连接线路。

34.如权利要求 31 所述的装置,其特征在于,

30 所述第一 ECU,用于在向所述三相绕组提供三相交流电的过程中,检测所述第一 ECU 与所述三相绕组中的每相绕组的连接线路上的电流,在与所述三相绕组中的任一相绕组的连接线路上的电流小于阈值时,向所述第二 ECU 发送生效指示,并停止向所述三相绕组提供三相交流电;

所述第二 ECU,用于根据所述生效指示,通过所述第二 ECU 与所述三相绕组的连接线路,向所述三相绕组提供三相交流电。

35 35.如权利要求 34 所述的装置,其特征在于,还包括切换电路,所述切换电路设置在所述第一 ECU 与所述三相绕组的连接线路、以及所述第二 ECU 与所述三相绕组的连接线路上;

所述第一 ECU,还用于:在与任一相绕组的连接线路上的电流小于阈值时,向所述第二 ECU 发送第二切换指示;

40 所述切换电路,用于:根据所述第二切换指示,断开所述第一 ECU 与所述三相绕组

的连接线路, 以及导通所述第二 ECU 与所述三相绕组的连接线路。

36.如权利要求 30 所述的装置, 其特征在于, 所述制动执行器包括电机, 所述电机包括第一组三相绕组和第二组三相绕组, 所述第一 ECU 通过线路连接所述第一组三相绕组, 所述第二 ECU 通过线路连接所述第二组三相绕组;

5 所述第一 ECU 为默认生效的 ECU:

所述第一 ECU 未故障的情况下, 使用所述第一 ECU 向所述第一组三相绕组提供三相交流电;

所述第一 ECU 故障的情况下, 使用所述第二 ECU 向所述第二组三相绕组提供三相交流电。

10 37.如权利要求 36 所述的装置, 其特征在于,

所述第一 ECU, 用于在向所述第一组三相绕组提供三相交流电的过程中, 检测所述第一 ECU 与所述第一组三相绕组中的每相绕组的连接线路上的电流, 在与任一相绕组的连接线路上的电流小于阈值时, 向所述第二 ECU 发送生效指示, 并停止向所述第一组三相绕组提供三相交流电;

15 所述第二 ECU, 用于根据所述生效指示, 通过所述第二 ECU 与所述第二组三相绕组的连接线路, 向所述第二组三相绕组提供三相交流电。

38.如权利要求 36 或 37 所述的装置, 其特征在于, 还包括切换电路, 所述切换电路设置在所述第一 ECU 与所述第一组三相绕组的连接线路、以及所述第二 ECU 与所述第二组三相绕组的连接线路上;

20 所述第一 ECU, 还用于: 在与任一相绕组的连接线路上的电流小于阈值时, 向所述切换电路发送切换指示;

所述切换电路, 用于: 根据所述切换指示, 断开所述第一 ECU 与所述第一组三相绕组的连接线路, 以及导通所述第二 ECU 与所述第二组三相绕组的连接线路。

25 39.如权利要求 30 所述的装置, 其特征在于, 所述制动执行器包括电磁阀, 所述电磁阀包括双线圈, 所述第一 ECU 和所述第二 ECU 通过线路分别连接所述双线圈;

所述第一 ECU 为默认生效的 ECU:

所述第一 ECU 未故障的情况下, 使用所述第一 ECU 向所述双线圈提供直流电;

所述第一 ECU 故障的情况下, 使用所述第二 ECU 向所述双线圈提供直流电。

40.如权利要求 39 所述的装置, 其特征在于,

30 所述第一 ECU, 用于在向所述双线圈提供直流电的过程中, 检测所述第一 ECU 与所述双线圈中的每个线圈的连接线路上的电流, 在与所述双线圈中的第一线圈的连接线路上的电流小于阈值时, 向所述第二 ECU 发送补充指示; 所述第一线圈为所述双线圈中的任意一个线圈;

35 所述第二 ECU, 用于根据所述补充指示, 通过所述第二 ECU 与所述第一线圈的连接线路, 向所述第一线圈提供补充电信号。

41.如权利要求 40 所述的装置, 其特征在于, 还包括切换电路, 所述切换电路设置在所述第一 ECU 与所述双线圈的连接线路、以及所述第二 ECU 与所述双线圈的连接线路上;

所述第一 ECU, 还用于: 在与所述第一线圈的连接线路上的电流小于阈值时, 向所述切换电路发送第一切换指示;

40 所述切换电路, 用于: 根据所述第一切换指示, 断开所述第一 ECU 与所述第一线圈

的连接线路, 以及导通所述第二 ECU 与所述第一线圈的连接线路。

42. 如权利要求 39 所述的装置, 其特征在于,

所述第一 ECU, 用于在向所述双线圈提供直流电的过程中, 检测所述第一 ECU 与所述双线圈中的每个线圈的连接线路上的电流, 在与任一个线圈的连接线路上的电流小于阈值时, 向所述第二 ECU 发送生效指示, 并停止向所述双线圈提供直流电;

所述第二 ECU, 用于根据所述生效指示, 通过所述第二 ECU 与所述双线圈的连接线路, 向所述双线圈提供直流电。

43. 如权利要求 42 所述的装置, 其特征在于, 还包括切换电路, 所述切换电路设置在所述第一 ECU 与所述双线圈的连接线路、以及所述第二 ECU 与所述双线圈的线路上;

所述第一 ECU, 还用于: 在与任一线圈的连接线路上的电流小于阈值时, 向所述切换电路发送第二切换指示;

所述切换电路, 用于根据所述第二切换指示, 导通所述第二 ECU 与所述双线圈的连接线路, 并断开所述第一 ECU 向所述双线圈的连接线路。

44. 如权利要求 30 所述的装置, 其特征在于, 所述制动执行器包括电磁阀, 所述电磁阀包括第一正极线圈、第二正极线圈和负极线圈, 所述第一 ECU 通过线路连接所述第一正极线圈和所述负极线圈, 所述第二 ECU 通过线路连接所述第二正极线圈和所述负极线圈;

所述第一 ECU 为默认生效的 ECU:

所述第一 ECU 未故障的情况下, 使用所述第一 ECU 向所述第一正极线圈和所述负极线圈提供直流电;

所述第一 ECU 故障的情况下, 使用所述第二 ECU 向所述第二正极线圈和所述负极线圈提供直流电。

45. 如权利要求 44 所述的装置, 其特征在于,

所述第一 ECU, 用于在向所述第一正极线圈和所述负极线圈提供直流电的过程中, 检测所述第一 ECU 与所述负极线圈的连接线路上的电流, 在与所述负极线圈的连接线路上的电流小于阈值时, 向所述第二 ECU 发送补充指示;

所述第二 ECU, 用于根据所述补充指示, 通过所述第二 ECU 与所述负极线圈的连接线路, 向所述负极线圈提供电信号。

46. 如权利要求 45 所述的装置, 其特征在于, 还包括切换电路, 所述切换电路设置在所述第一 ECU 与所述第一正极线圈的连接线路、所述第一 ECU 与所述负极线圈的连接线路、所述第二 ECU 与所述第二正极线圈的连接线路、以及所述第二 ECU 与所述负极线圈的连接线路上;

所述第一 ECU, 还用于: 在与所述第一正极线圈的连接线路上的电流小于阈值时, 向所述切换电路发送第一切换指示;

所述切换电路, 用于: 根据所述第一切换指示, 断开所述第一 ECU 与所述第一正极线圈的连接线路, 并导通所述第二 ECU 与所述第二正极线圈的连接线路。

47. 如权利要求 44 所述的装置, 其特征在于,

所述第一 ECU, 用于在向所述第一正极线圈和所述负极线圈提供直流电的过程中, 检测所述第一 ECU 与所述第一正极线圈和所述负极线圈中的每个线圈的连接线路上的电流, 在与任一个线圈的连接线路上的电流小于阈值时, 向所述第二 ECU 发送生效指示, 并停

止向所述第一正极线圈和所述负极线圈提供直流电；

所述第二 ECU，用于根据所述生效指示，通过所述第二 ECU 与所述第二正极线圈和所述负极线圈的连接线路，向所述第二正极线圈和所述负极线圈提供直流电。

48.如权利要求 47 所述的装置，其特征在于，还包括切换电路，所述切换电路设置在
5 所述第一 ECU 与所述第一正极线圈的连接线路、所述第一 ECU 与所述负极线圈的连接线路、所述第二 ECU 与所述第二正极线圈的连接线路、以及所述第二 ECU 与所述负极线圈的连接线路上；

所述第一 ECU，还用于：在与任一个线圈的连接线路上的电流小于阈值时，向所述切换电路发送第二切换指示；

10 所述切换电路，用于根据所述第二切换指示，导通所述第二 ECU 与所述第二正极线圈的连接线路和所述第二 ECU 与所述负极线圈的连接线路，并断开所述第一 ECU 与所述第一正极线圈的连接线路和所述第一 ECU 与所述负极线圈的连接线路。

49.如权利要求 30 所述的装置，其特征在于，所述制动执行器包括电磁阀，所述电磁阀包括第一组双线圈和第二组双线圈，所述第一 ECU 通过线路连接所述第一组双线圈，
15 所述第二 ECU 通过线路连接所述第二组双线圈；

所述第一 ECU 为默认生效的 ECU：

所述第一 ECU 未故障的情况下，使用所述第一 ECU 向所述第一组双线圈提供直流电；

所述第一 ECU 故障的情况下，使用所述第二 ECU 向所述第二组双线圈提供直流电。

50.如权利要求 49 所述的装置，其特征在于，

20 所述第一 ECU，用于在向所述第一组双线圈提供直流电的过程中，检测所述第一 ECU 与所述第一组双线圈中的每个线圈的连接线路上的电流，在与任一个线圈的连接线路上的电流小于阈值时，向所述第二 ECU 发送生效指示，并停止向所述第一组双线圈提供直流电；

25 所述第二 ECU，用于根据所述生效指示，通过所述第二 ECU 与所述第二组双线圈的连接线路，向所述第二组双线圈提供直流电。

51.如权利要求 50 所述的装置，其特征在于，还包括切换电路，所述切换电路设置在所述第一 ECU 与所述第一组双线圈的连接线路、以及所述第二 ECU 与所述第二组双线圈的连接线路上；

30 所述第一 ECU，还用于在与任一个线圈的连接线路上的电流小于阈值时，向所述切换电路发送切换指示；

所述切换电路，用于根据所述切换指示，导通所述第二 ECU 与所述第二组双线圈的连接线路，并断开所述第一 ECU 向所述第一组双线圈的连接线路。

52.一种终端设备，其特征在于，包括如权利要求 1-7 中任一项所述的制动系统，或者包括如权利要求 8-15 中任一项、或 16-22 中任一项、或 23-29 中任一项所述的集成装置，
35 或者包括如权利要求 30-51 中任一项所述的接入控制装置。

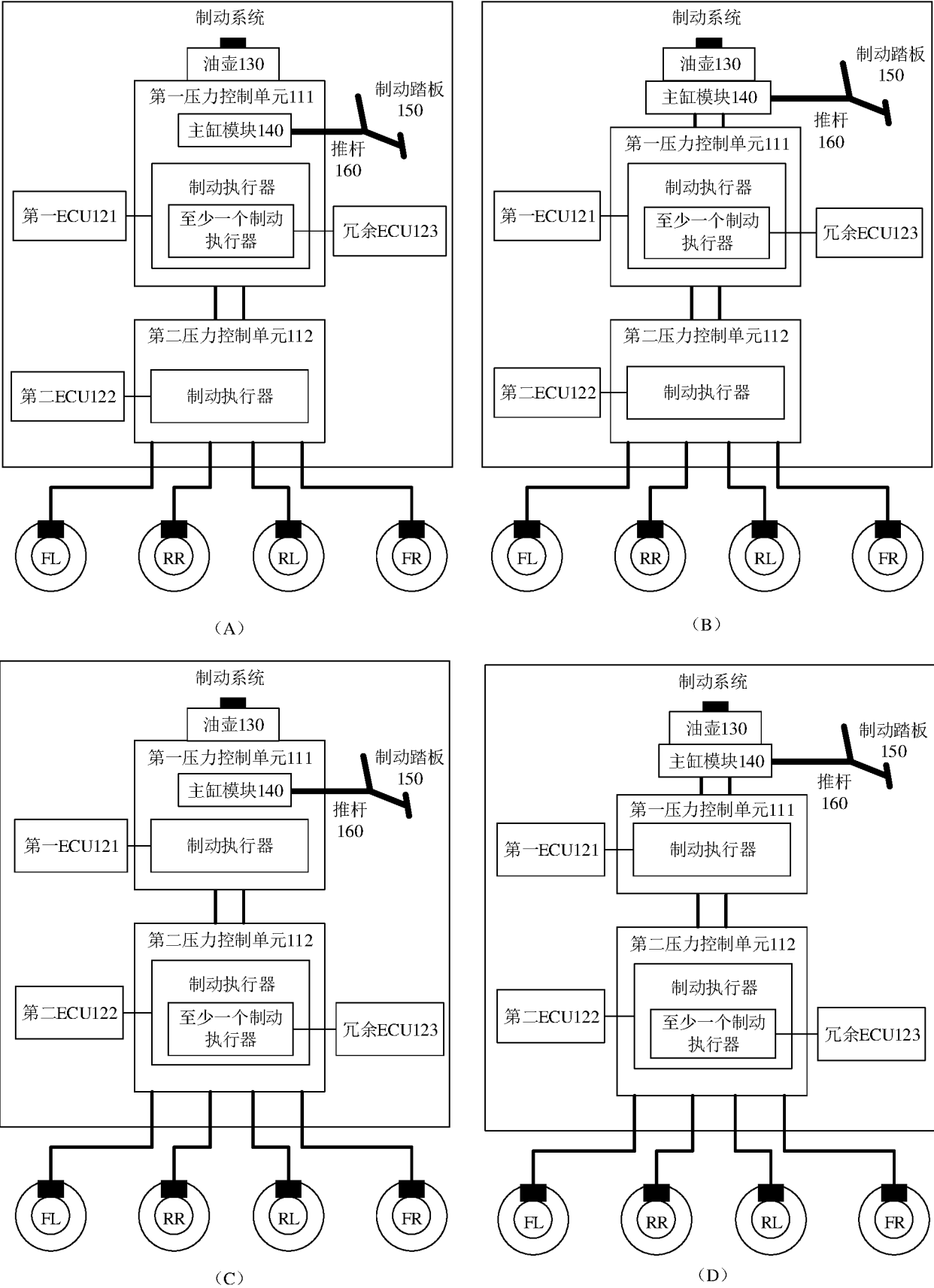


图 1

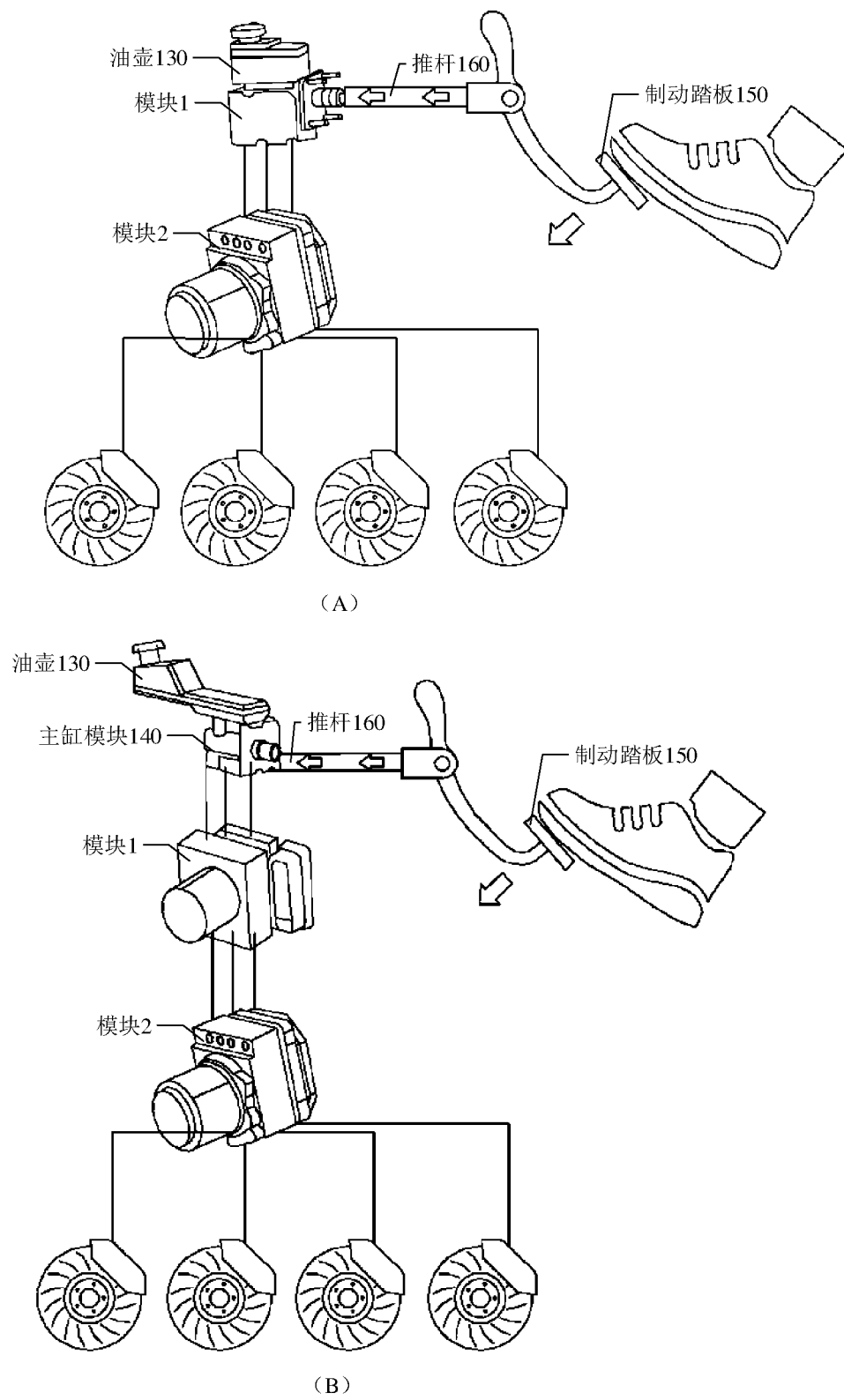


图 2

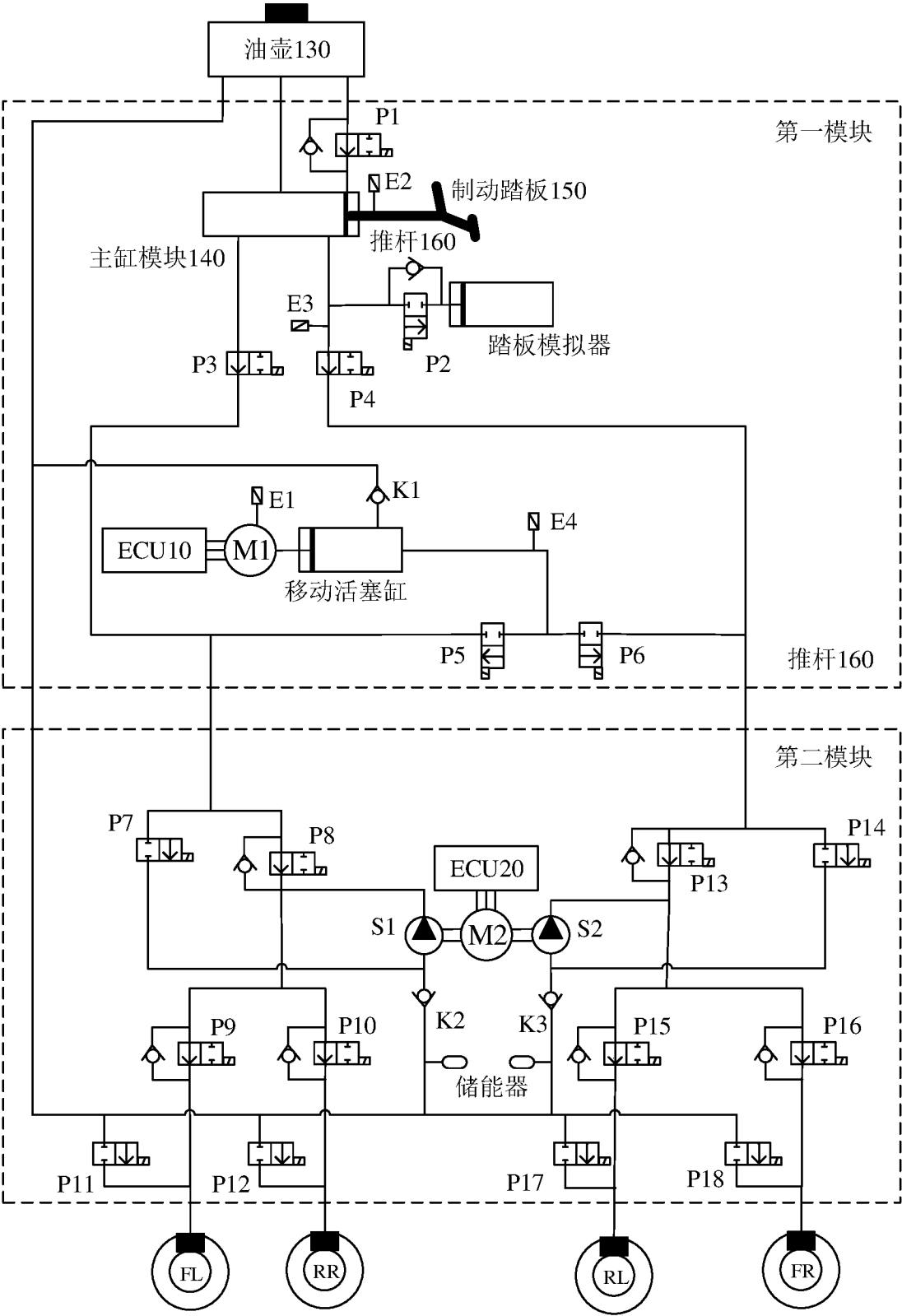


图 3

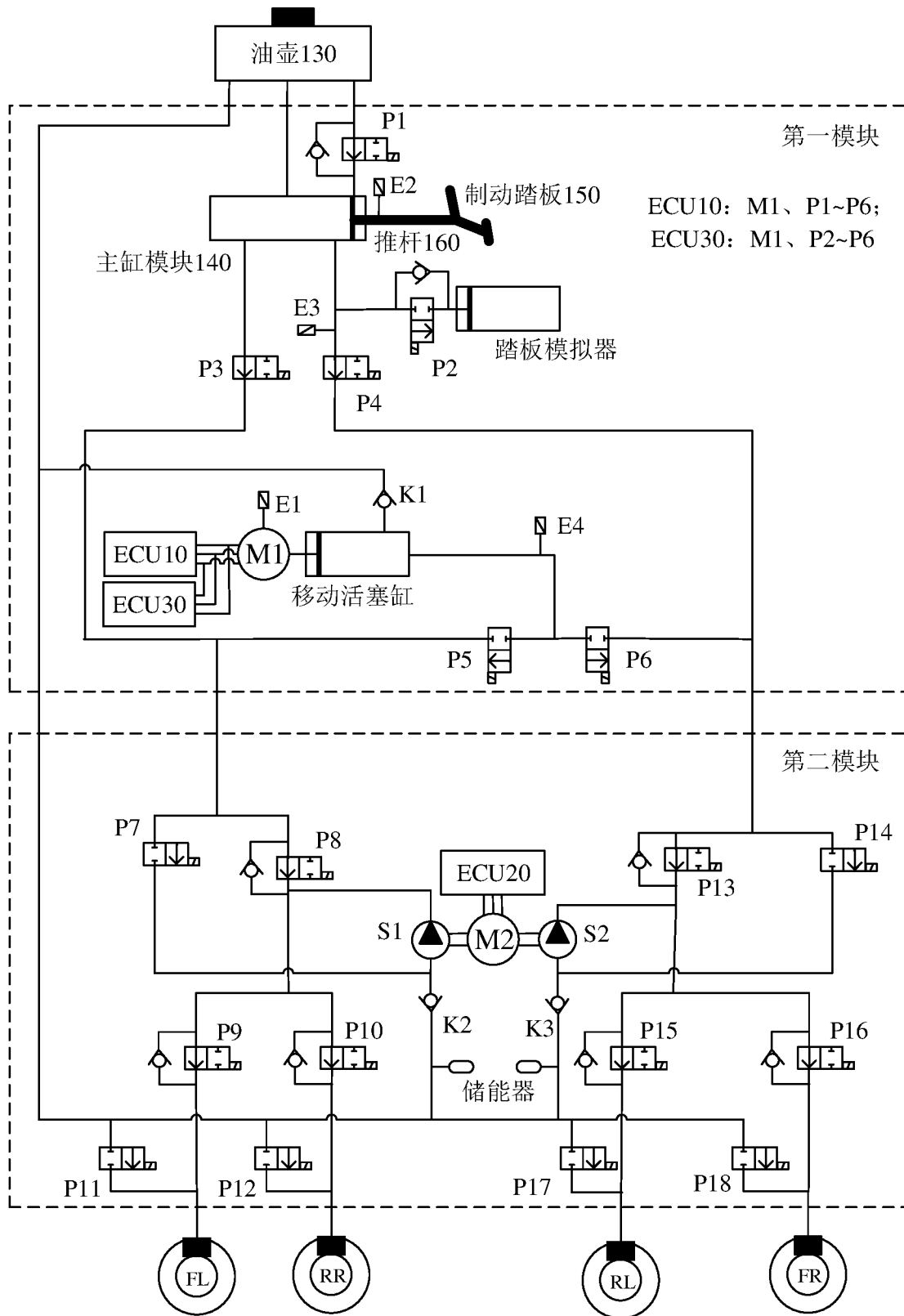


图 4

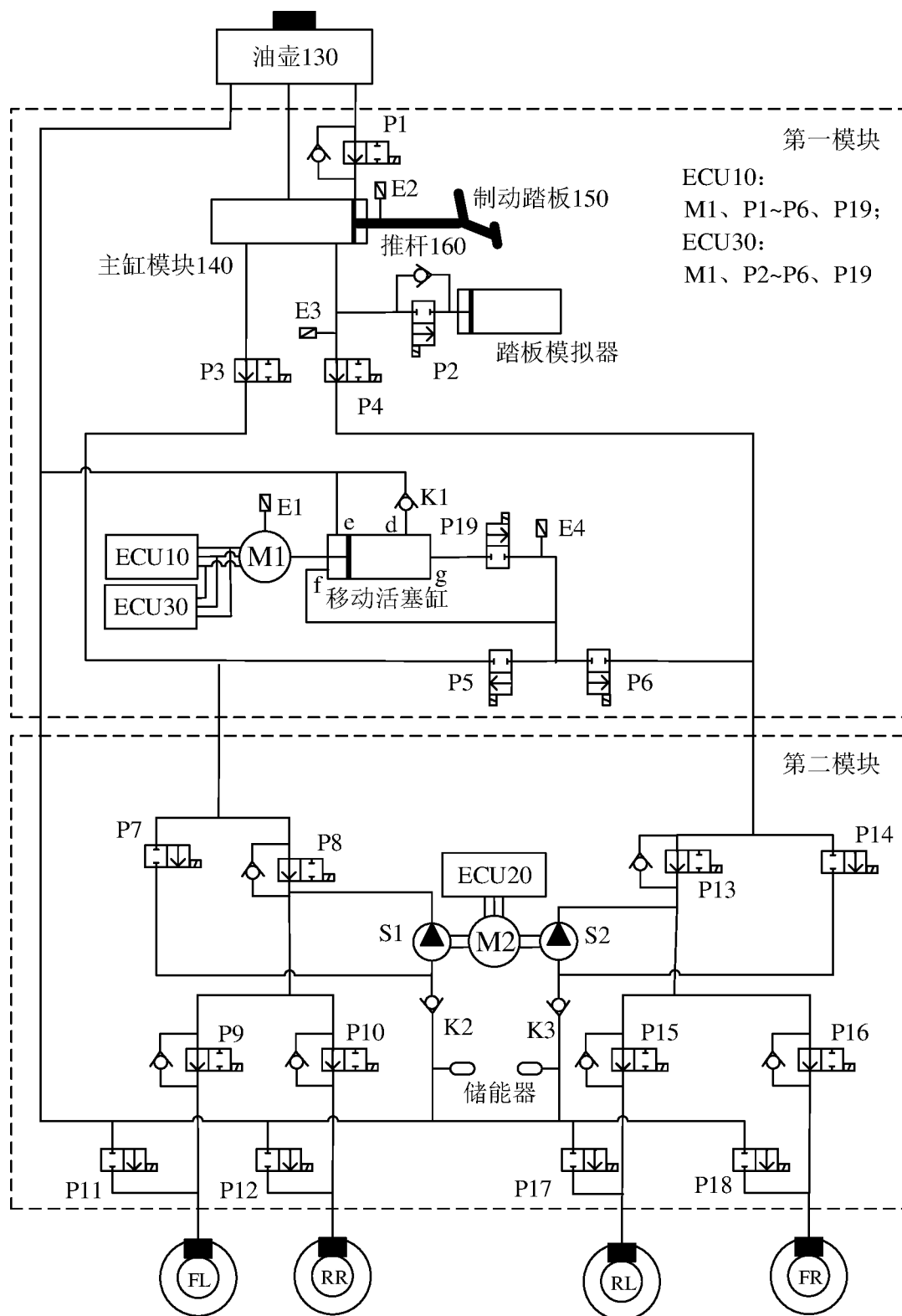


图 5

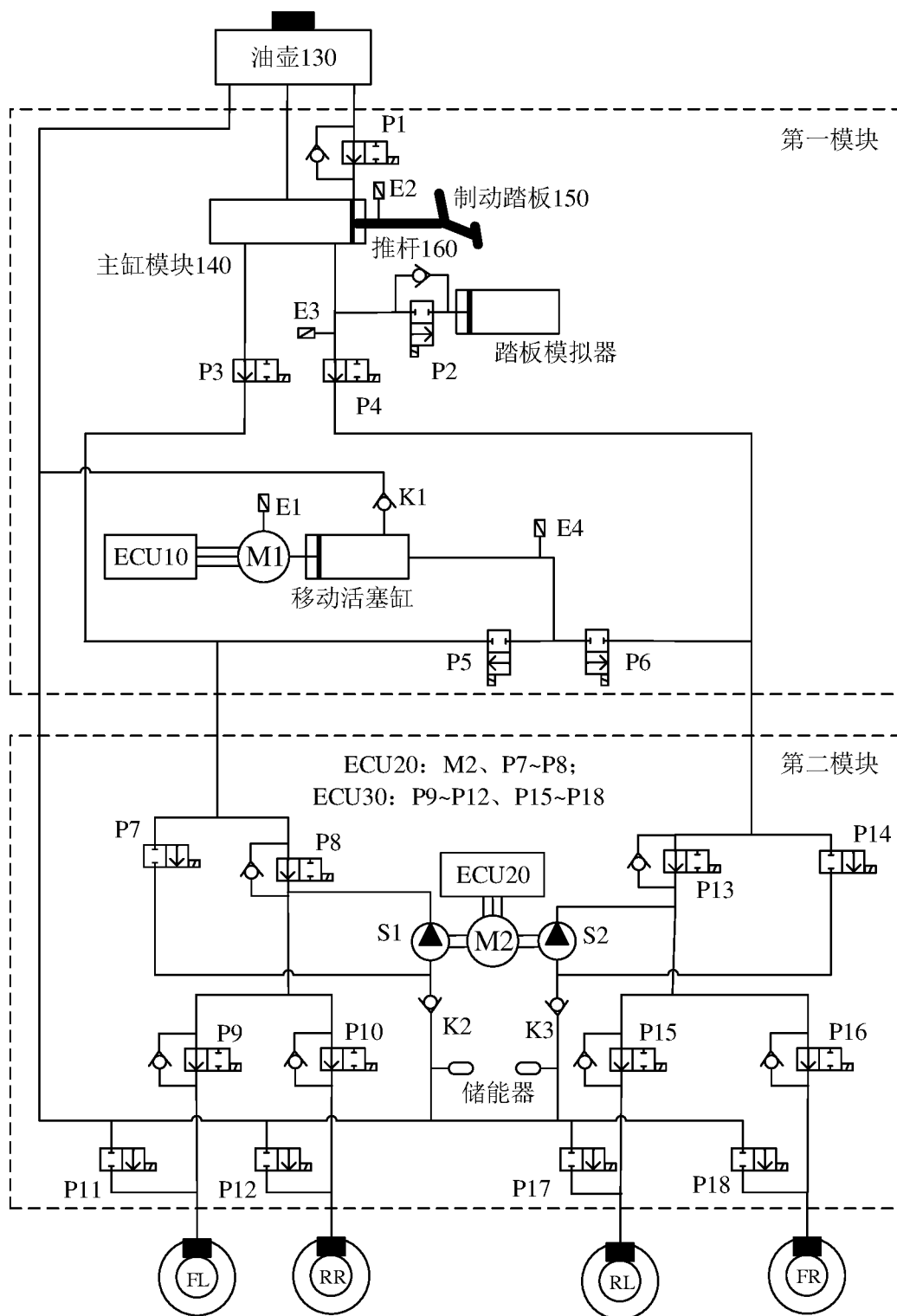


图 6

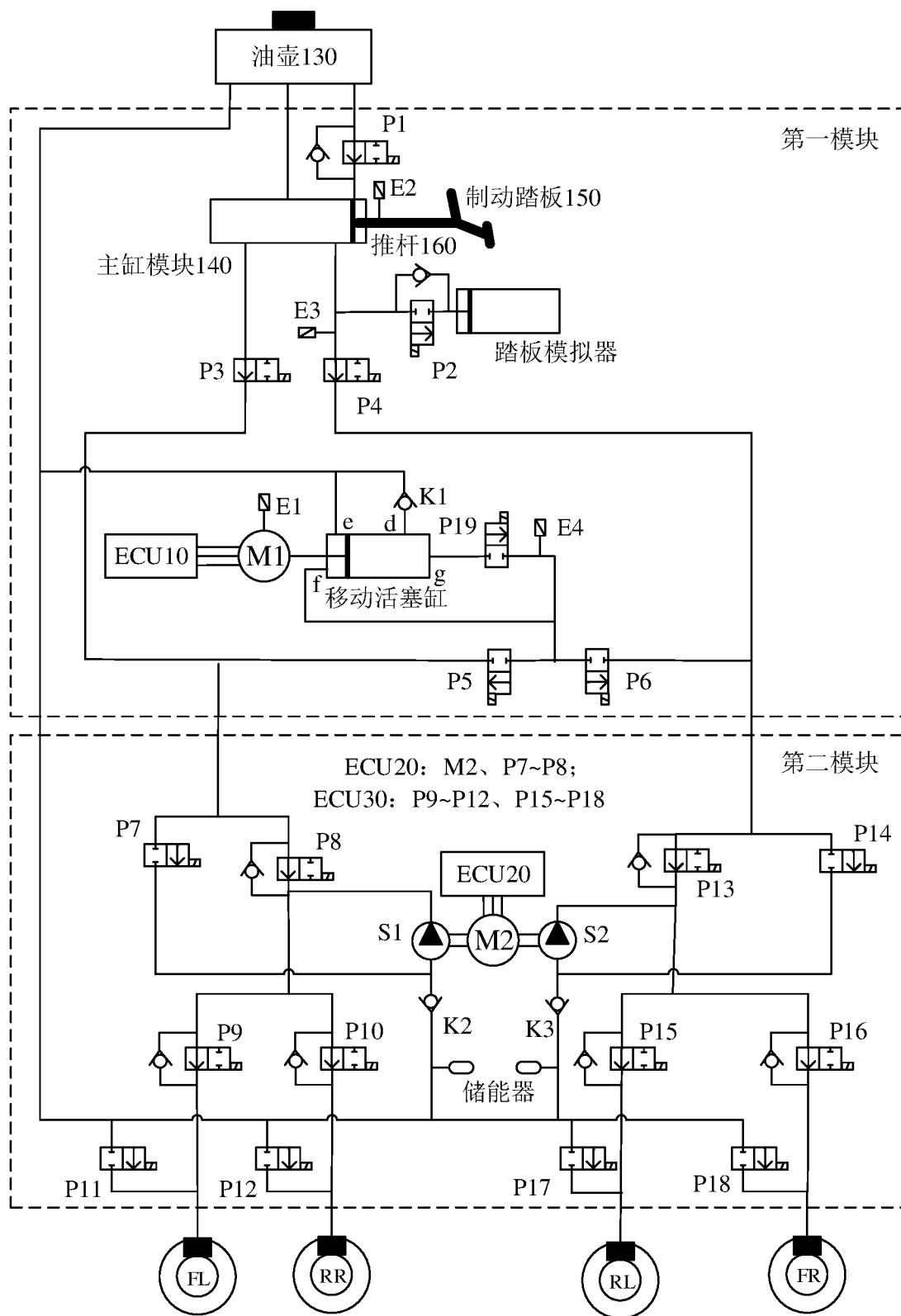


图 7

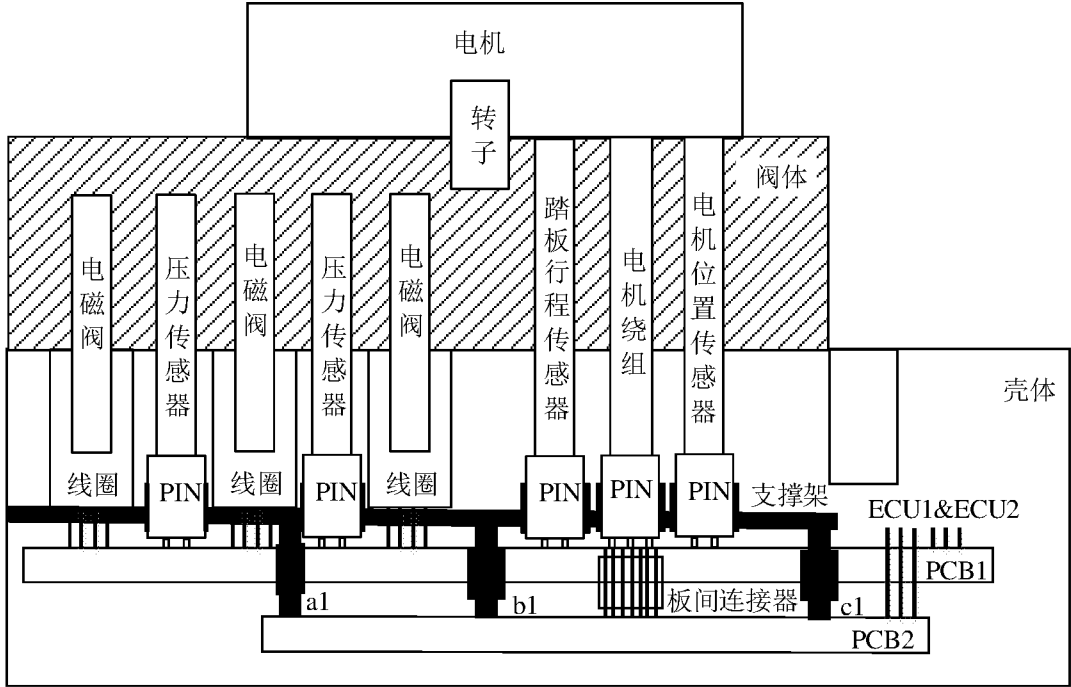


图 8

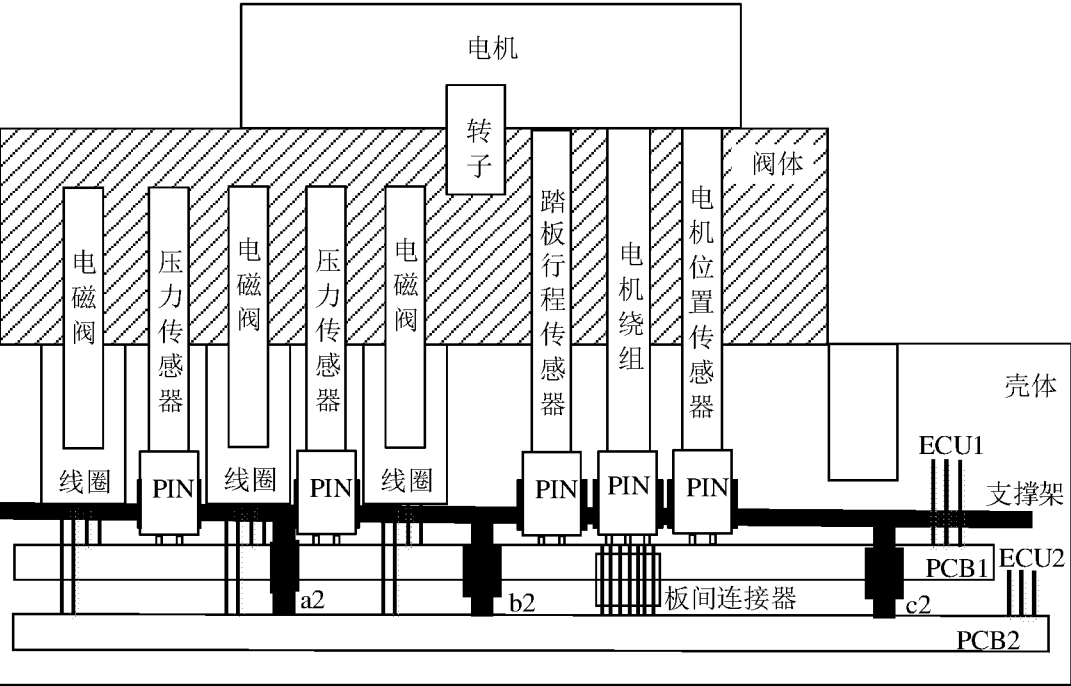


图 9

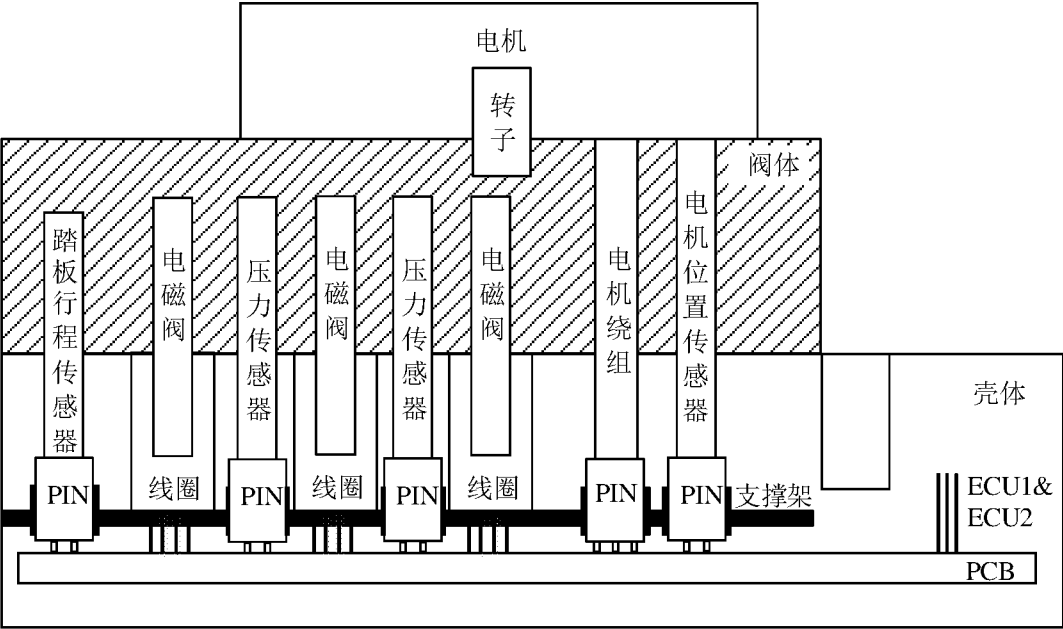


图 10

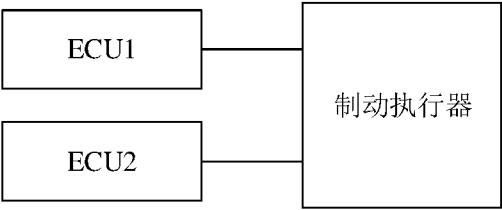


图 11

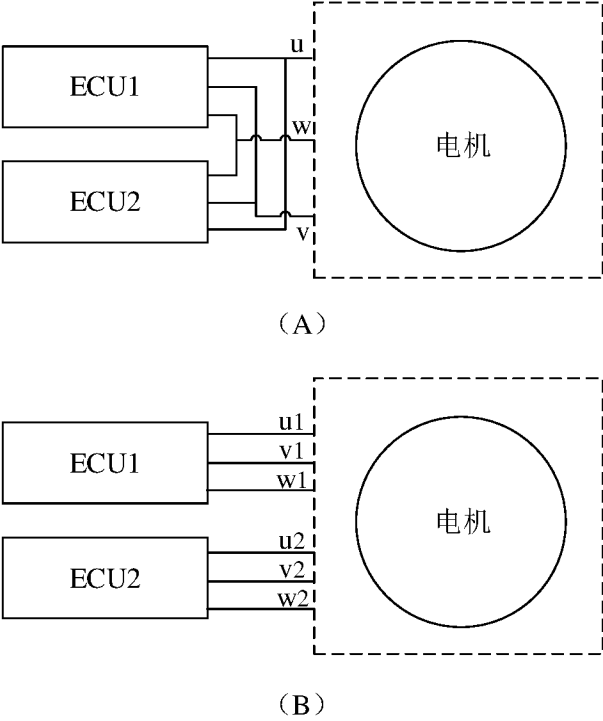
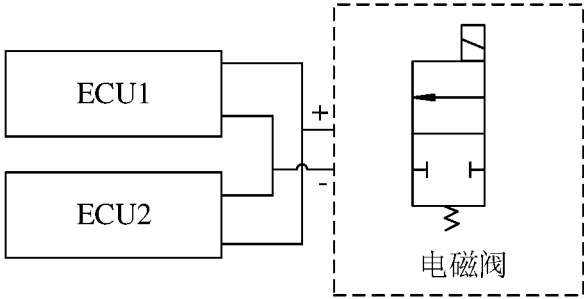
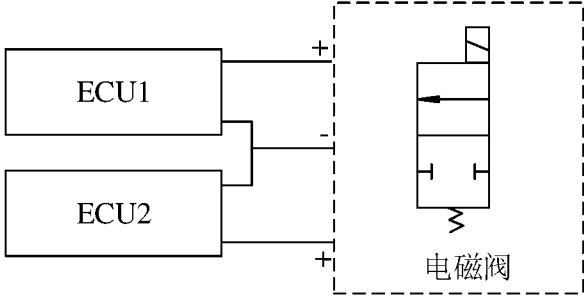


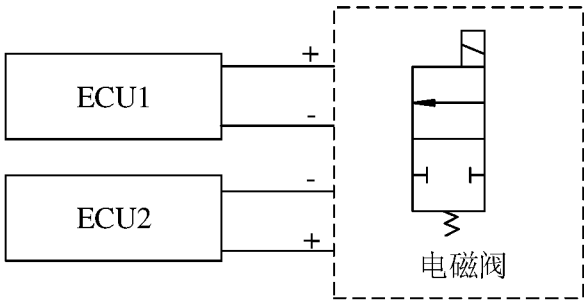
图 12



(A)



(B)



(C)

图 13

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2021/132875

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B60T 1/00(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)

B60T

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)

CNPAT, CNKI, WPI, EPODOC: 制动, 刹车, 冗余, 备份, 控制, 集成, 电路板, ECU, brak+, backup, integrat+, PCB

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	CN 113525317 A (WUHU BETHEL ELECTRONIC CONTROL SYSTEMS CO., LTD.) 22 October 2021 (2021-10-22) description, paragraphs [0019] and [0040]-[0062], and figures 1-2	1-7, 30-52
Y	CN 113525317 A (WUHU BETHEL ELECTRONIC CONTROL SYSTEMS CO., LTD.) 22 October 2021 (2021-10-22) description, paragraphs [0019] and [0040]-[0062], and figures 1-2	8-29
Y	CN 103747662 A (SUZHOU INDUSTRIAL PARK ELION TECHNOLOGY CO., LTD.) 23 April 2014 (2014-04-23) description, paragraphs [0018]-[0019], and figures 1-4	8-15
Y	CN 205871955 U (CHENGDU YUNKE XINNENG AUTOMOTIVE TECHNOLOGY CO., LTD.) 11 January 2017 (2017-01-11) description, paragraphs [0002]-[0031], and figures 1-3	16-29
A	CN 110550008 A (MANDO CORP.) 10 December 2019 (2019-12-10) entire document	1-52
A	CN 113665555 A (CHINA FAW CO., LTD.) 19 November 2021 (2021-11-19) entire document	1-52



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

18 July 2022

Date of mailing of the international search report

27 July 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

Facsimile No. (86-10)62019451

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2021/132875

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 6513885 B1 (HYDRO-AIRE, INC.) 04 February 2003 (2003-02-04) entire document	1-52

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2021/132875

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	113525317	A	22 October 2021	None			
CN	103747662	A	23 April 2014	None			
CN	205871955	U	11 January 2017	None			
CN	110550008	A	10 December 2019	DE	102019207955	A1	05 December 2019
				US	2019366997	A1	05 December 2019
				KR	20190136207	A	10 December 2019
				US	11021141	B2	01 June 2021
CN	113665555	A	19 November 2021	None			
US	6513885	B1	04 February 2003	WO	0069721	A1	23 November 2000
				AU	3994599	A	05 December 2000
				EP	1080009	A1	07 March 2001
				EP	1080009	B1	18 December 2002
				JP	2003502197	A	21 January 2003
				DE	69904592	D1	30 January 2003
				US	2003111895	A1	19 June 2003
				US	6820946	B2	23 November 2004
				JP	3851779	B2	29 November 2006
				CA	2373373	C	05 August 2008

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2021/132875

A. 主题的分类

B60T 1/00 (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)

B60T

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))

CNPAT, CNKI, WPI, EPDOC: 制动, 刹车, 冗余, 备份, 控制, 集成, 电路板, ECU, brak+, backup, integrat+, PCB

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 113525317 A (芜湖伯特利电子控制系统有限公司) 2021年10月22日 (2021 - 10 - 22) 说明书第[0019]、[0040]-[0062]段, 图1-2	1-7, 30-52
Y	CN 113525317 A (芜湖伯特利电子控制系统有限公司) 2021年10月22日 (2021 - 10 - 22) 说明书第[0019]、[0040]-[0062]段, 图1-2	8-29
Y	CN 103747662 A (苏州工业园区驿力机车科技有限公司) 2014年4月23日 (2014 - 04 - 23) 说明书第[0018]-[0019]段, 图1-4	8-15
Y	CN 205871955 U (成都云科新能源汽车技术有限公司) 2017年1月11日 (2017 - 01 - 11) 说明书第[0002]-[0031]段, 图1-3	16-29
A	CN 110550008 A (株式会社万都) 2019年12月10日 (2019 - 12 - 10) 全文	1-52
A	CN 113665555 A (中国第一汽车股份有限公司) 2021年11月19日 (2021 - 11 - 19) 全文	1-52
A	US 6513885 B1 (HYDRO-AIRE, INC.) 2003年2月4日 (2003 - 02 - 04) 全文	1-52

☐ 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

“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

2022年7月18日

国际检索报告邮寄日期

2022年7月27日

ISA/CN的名称和邮寄地址

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

传真号 (86-10)62019451

受权官员

李子文

电话号码 86-(10)-53961508

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2021/132875

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	113525317	A	2021年10月22日	无			
CN	103747662	A	2014年4月23日	无			
CN	205871955	U	2017年1月11日	无			
CN	110550008	A	2019年12月10日	DE	102019207955	A1	2019年12月5日
				US	2019366997	A1	2019年12月5日
				KR	20190136207	A	2019年12月10日
				US	11021141	B2	2021年6月1日
CN	113665555	A	2021年11月19日	无			
US	6513885	B1	2003年2月4日	WO	0069721	A1	2000年11月23日
				AU	3994599	A	2000年12月5日
				EP	1080009	A1	2001年3月7日
				EP	1080009	B1	2002年12月18日
				JP	2003502197	A	2003年1月21日
				DE	69904592	D1	2003年1月30日
				US	2003111895	A1	2003年6月19日
				US	6820946	B2	2004年11月23日
				JP	3851779	B2	2006年11月29日
				CA	2373373	C	2008年8月5日