



电动汽车综合 故障检修



目录

01 • 整车控制系统及检修
• vehicle control system and maintenance

02 • 驱动电机控制系统及检修
• drive motor control system and maintenance

03 • 动力电池管理系统及检修
• power battery management system and maintenance

04 • 充电系统及检修
• charging system and maintenance

05 • 空调控制系统及检修
• air conditioning control system and maintenance



整车控制系统及检修

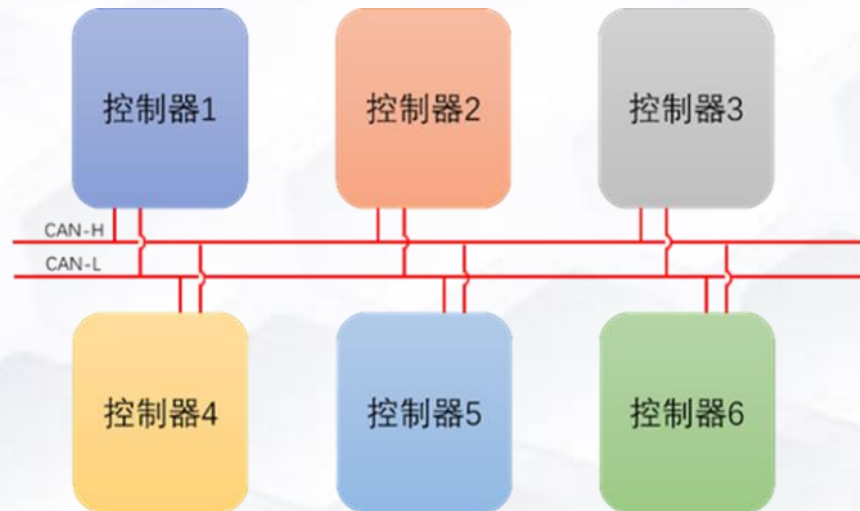
vehicle control system and overhaul



在电动汽车上的电子
控制系统有哪些？
什么是整车控制系统？



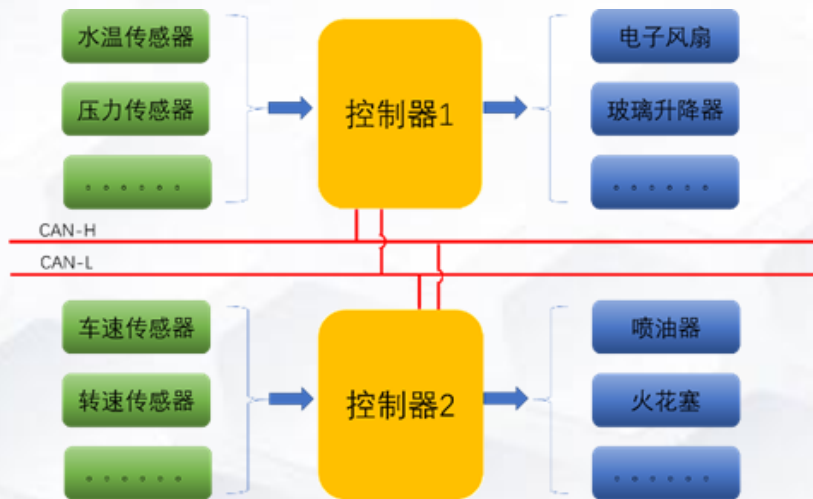
汽车电子控制系统是由多个子系统组合而成的系统，所以当系统中有多控制
系统且控制系统之间有通信需求时，多个控制系统可以连接在CAN总线上实现
控制系统之间的信息通信，如图所示。在传统汽车控制系统中，这些控制系统
是对等的、没有主次之分的。在新能源汽车控制系统中，一般会有一个控制器，
如整车控制器除了完成自身一些控制功能外，还肩负着整个控制系统的管理和
协调功能。





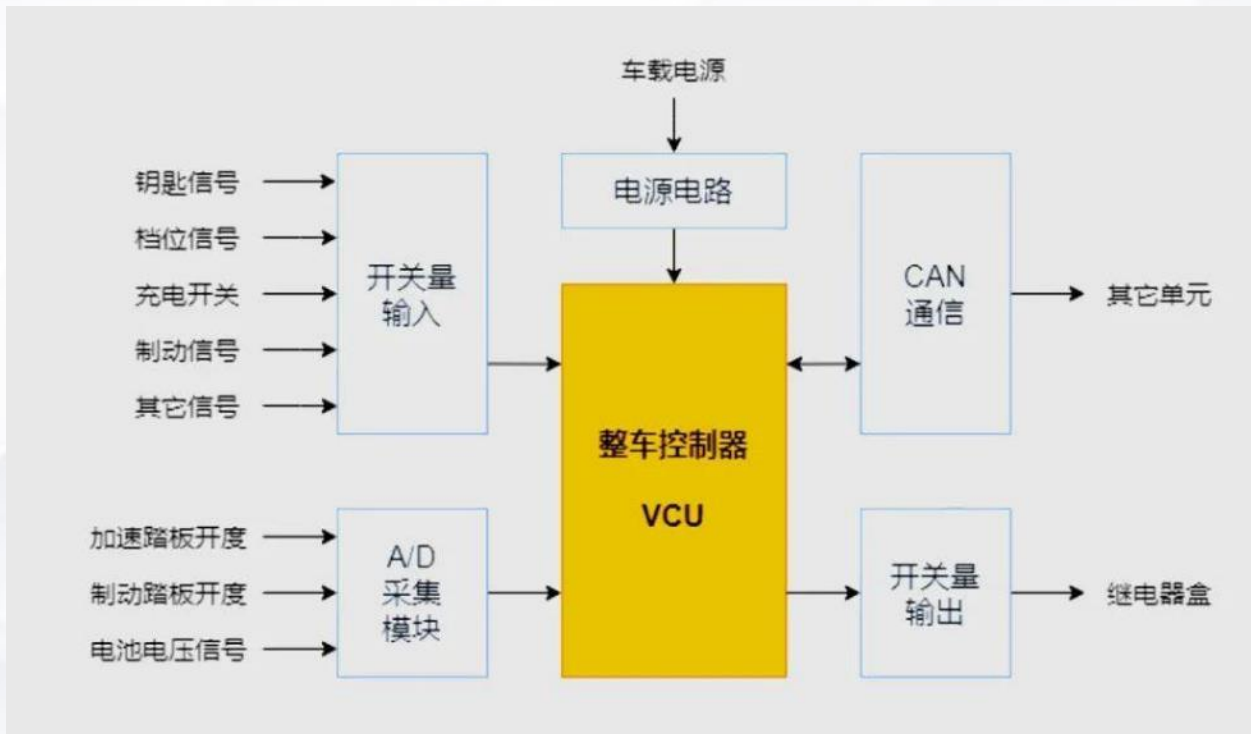
新能源汽车上主要有四种电子控制系统，包括底盘控制系统、发动机控制系统（混合动力车型）、车身电气控制系统、高压电控制系统（三大电）。四种电子控制系统里面又各自有自己的子系统，例如高压电控制系统里面包括了电机控制系统、电池管理系统和电控系统三大电系统。

当系统中有两个控制系统且两个控制系统需要相互通信时，可以通过CAN（Controller Area Network）总线将两个控制系统连接起来，如图所示。



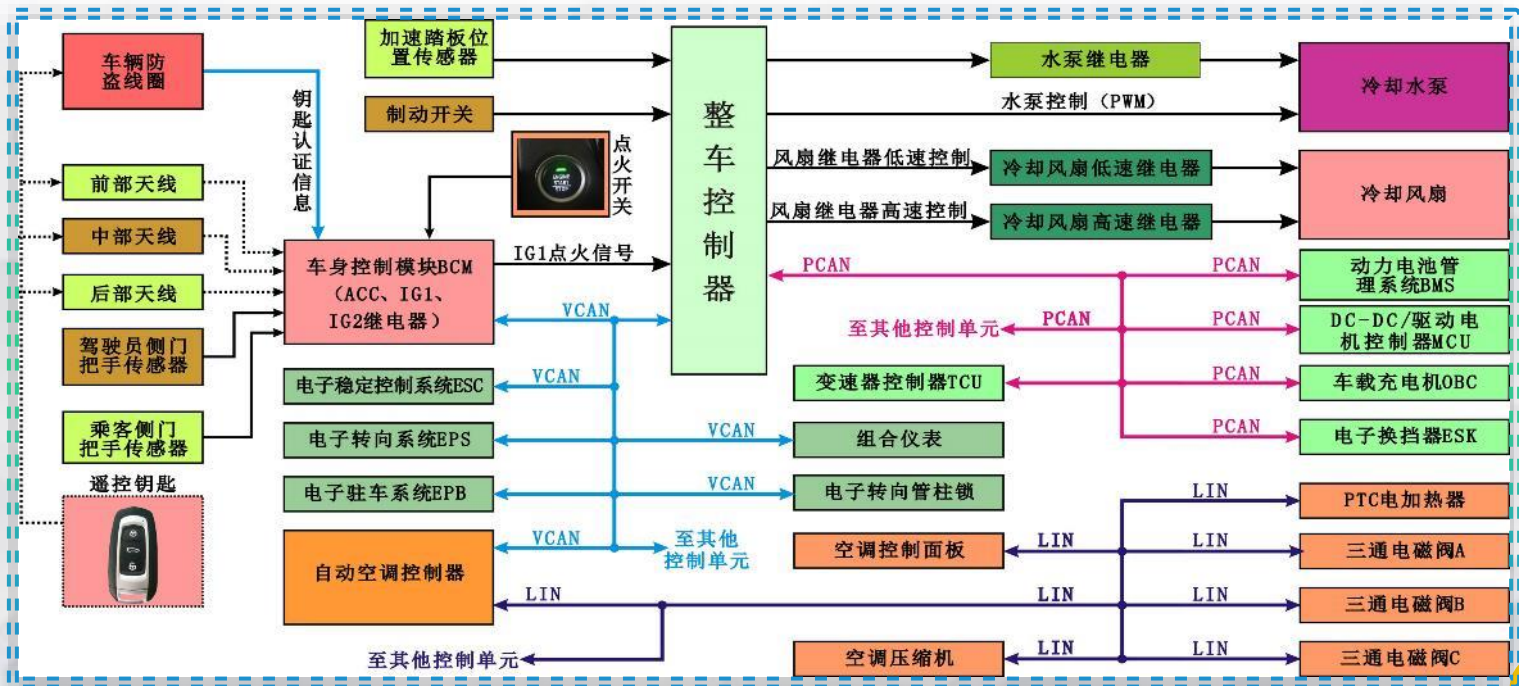


一、整车控制系统介绍：整车控制系统的组成





一、整车控制系统介绍：整车控制系统的组成





一、整车控制系统介绍：整车控制系统的组成

- ✓ VCU通过接收、处理驾驶人的驾驶操作指令，并向各个部件发送控制指令，使车辆按驾驶人的期望行驶；
- ✓ 同时与电机控制系统（MCU）、DC-DC变换器、动力蓄电池管理系统（BMS）等进行通信；
- ✓ 在系统运行过程中，VCU针对关键信号的输入判断车辆的状态，启动保护功能，视故障的类型对整车进行分级保护，紧急情况下可以关掉驱动电机及切断母线高压系统。



纯电动汽车的整车控制系统一般包含**低压电器控制系统**、**高压电器控制系统**和**整车网络控制系统**三部分。

◆ 低压电器控制系统

电动汽车低压电气系统主要由DC/DC功率变换器、辅助蓄电池和若干低压电器设备组成。电动汽车的低压电器设备主要包括灯光系统、仪表系统和娱乐系统等。

目前，低压电气系统通常采用12V/24V直流电源作为整车低压电源，一方面为灯光和雨刮器等常规低压电器供电，另一方面为整车控制器、电机控制系统、电池管理系统以及高压设备的控制器及冷却电动水泵等辅件供电。



◆ 高压电器系统

主要由动力电池、驱动电机、空调压缩机、PTC和功率转换器等大功率、高压的电器设备组成，根据车辆行驶的功率需求完成从动力电池到驱动电机的能量变换与传输过程。

◆ 整车网络化控制系统

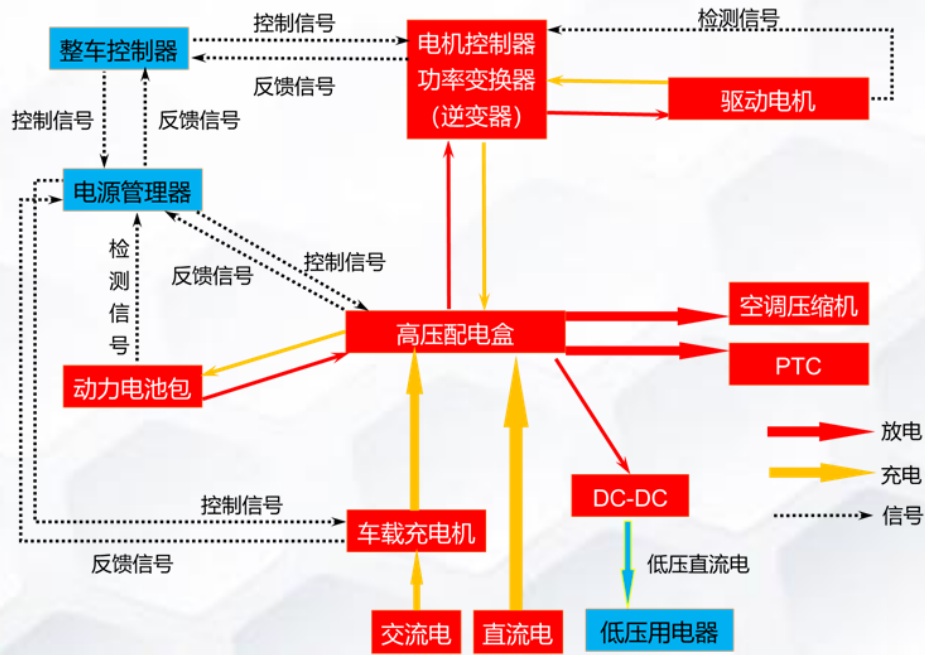
主要包括整车控制器、电机控制器、BMS、车身控制管理系统、信息显示系统和通信系统等。整车控制器是整车控制系统的核心，承担了数据交通过网络通信系统实现，目前常用的通信协议是CAN协议，具有较好的可靠性、实时性和灵活性。

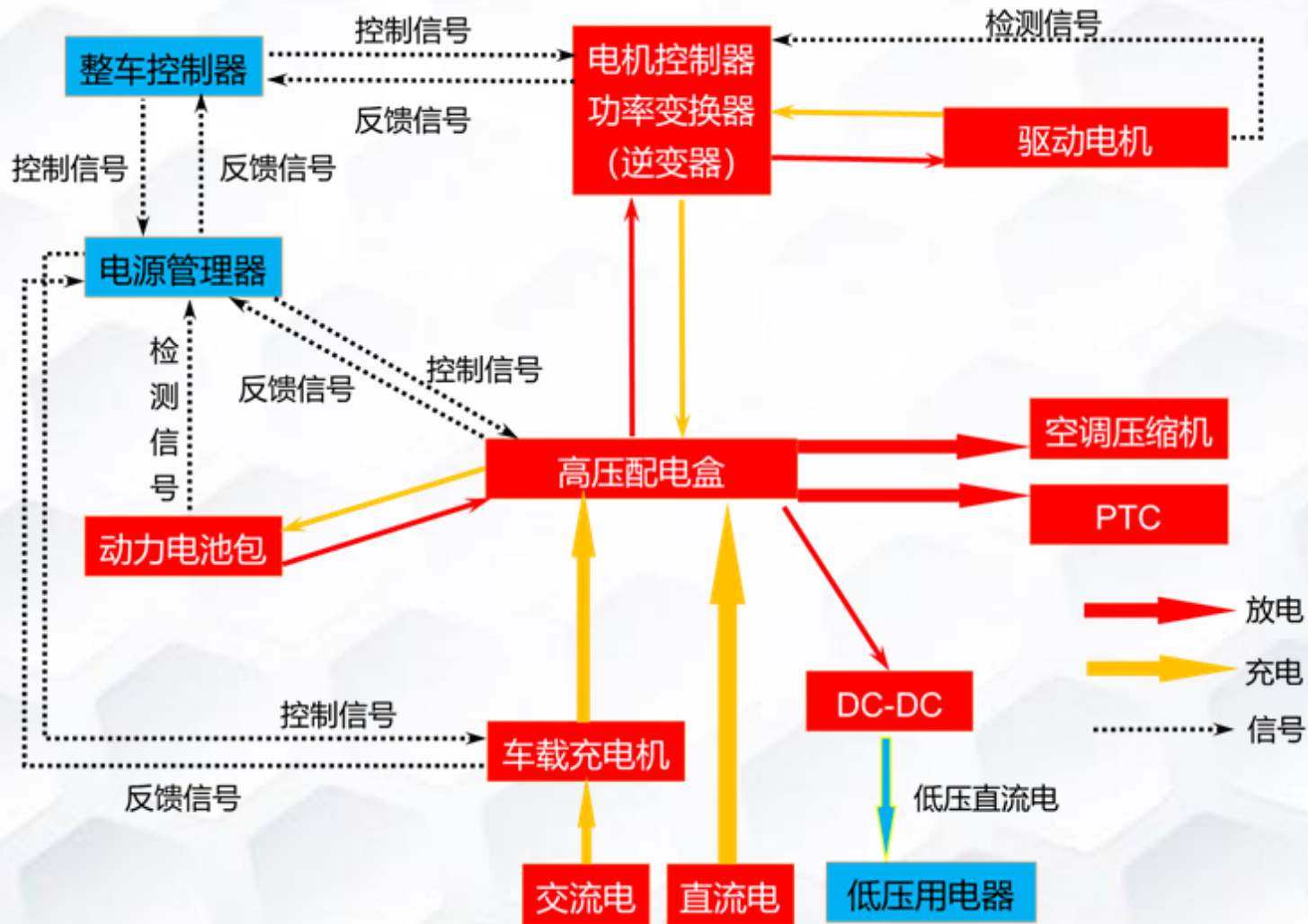
整车控制系统必须具有可靠性、容错性、电磁兼容性和环境适应性等，以保障纯电动汽车整车的安全和可靠运行。



1. 整车控制系统的高压电器控制系统

在高压电器系统里面包括了电机控制器、驱动电机、动力电池包、高压配电盒、空调压缩机、PTC、DC/DC和车载充电机等高压部件。







(1) 整车高压上电控制

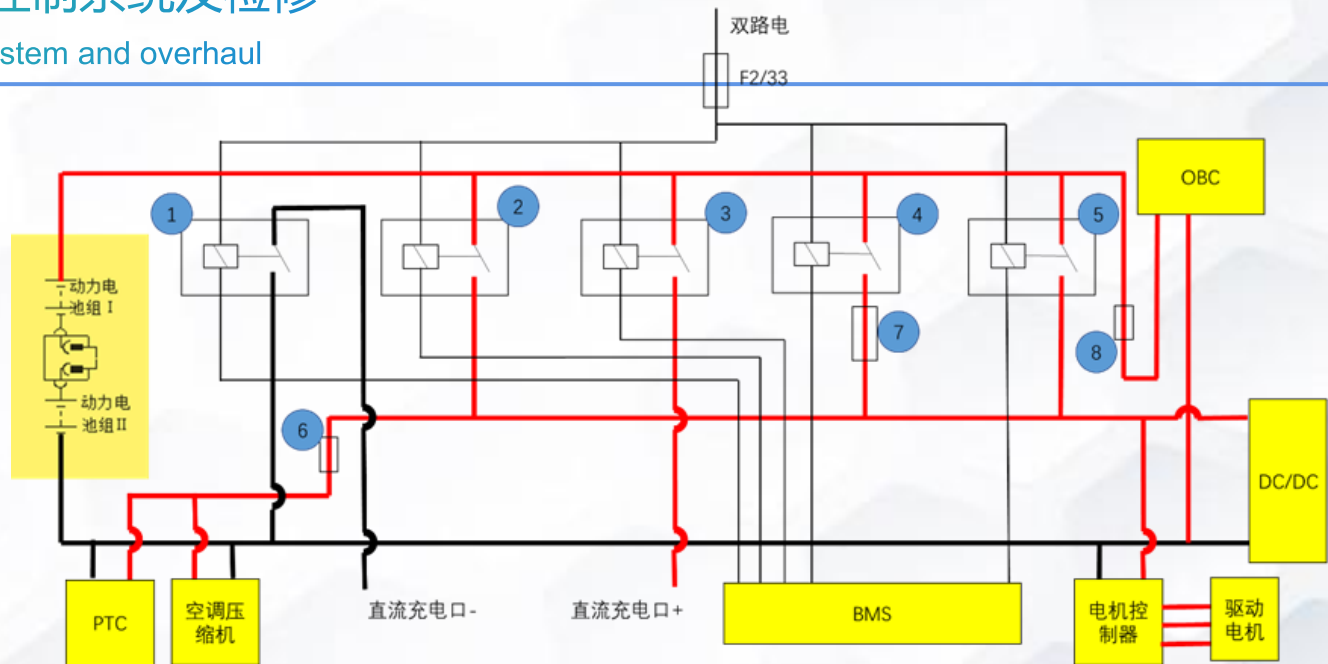
当车辆启动后，相关控制单元接通高压直流电的接触器，从而接通高压直流电路，当系统检测高压系统正常时，仪表上的“OK”或者“Ready”点亮，如图所示，表示车辆高压系统正常，上电完成。

此时，高压直流电从动力电池包经高压配电箱分配后输送到相关的高压部件，进入工作准备状态。如图为上电时参与部件





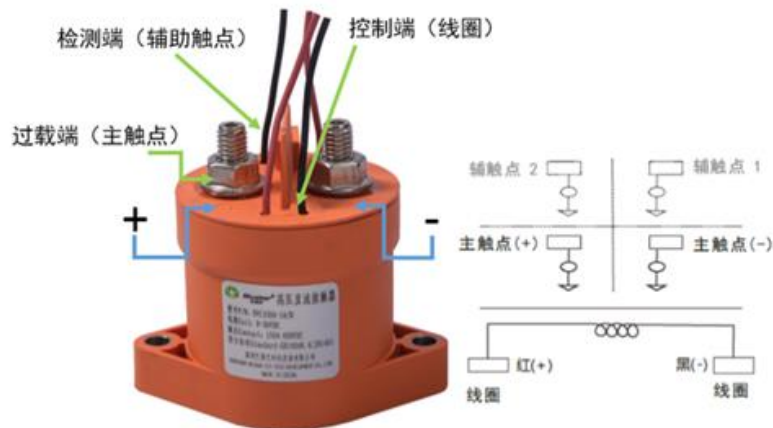
- 1.直流充电接触器-
- 2.交流充电接触器+
- 3.直流充电接触器+
- 4.主预充接触器
- 5.主接触器
- 6.压缩机
- 7.预充电阻
- 8.OBC保险丝



如图所示为比亚迪E5接触器电路图，接触器一般安装高压配电箱里面（有些车型集成在动力电池包总成里面）。在整车高压上电时，先接通电池包的分压接触器，然后主预充接触器接通，再接通负极接触器，此时完成预充电流程，接下来接通主接触器、正极接触器，并断开预充接触器，这三个接触的动作基本上在同一时间进行，整车高压上电完成。



下图为接触器。在进行高压上电时，如果没有预充回路，当主接触器接合时，高压系统就接通，直接形成高压回路。动力电池包的电压经由高压正极母线施加到接触器开关的一端，接触器开关另一端与电容C连接，由于动力电池包的电压较高（车型不同，电压值不同），而电容C的电压差不多为0V，此时相当于线路出现短路现象，开关端的负载电阻只有导线电阻和接触器的触点电阻，阻值小，根据欧姆定律，可得出其产生的电流能达上万安培，很容易导致接触器或者其它高压部件的损坏。



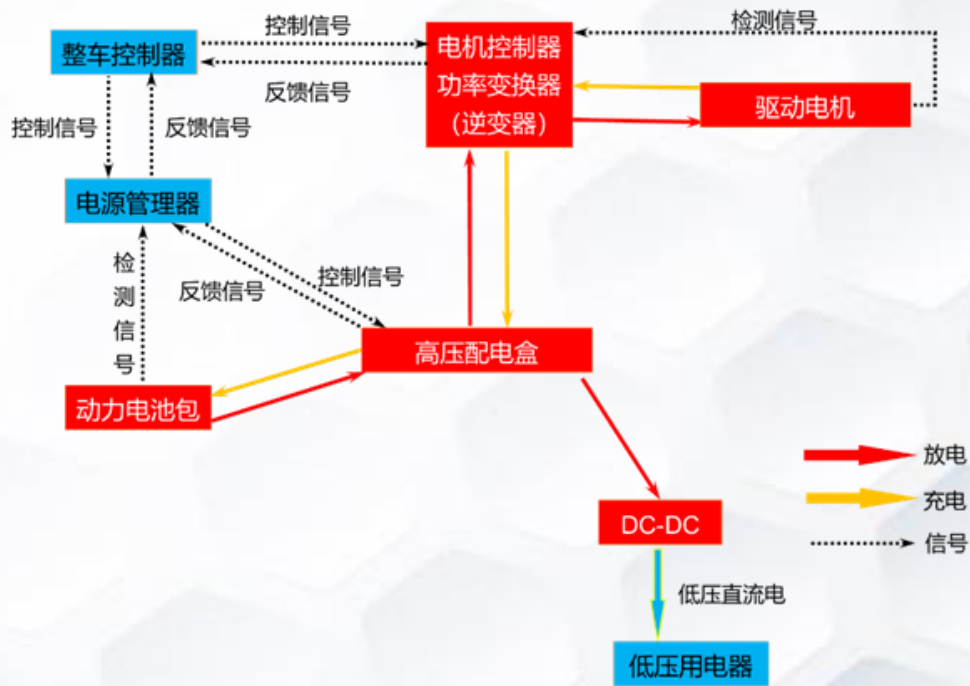


预充电回路的作用就是避免上电过程的大电流冲击，保护接触器及高压器件。预充电回路就是在接触器两端再并一个电阻R及主预充接触器，整车上高压时，先闭合主预充接触器，由于有电阻R的存在，电流较小，逐渐给电容C充电，电容电压上升，当电容电压与电池电压差不多时(一般压差在90%左右)，再闭合主接触器，之后断开主预充接触器。此时，高压电施加到相应的高压部件上，进入相应的工作状态。



(2) 电驱动系统。 如图所示为新能源汽车的驱动系统框图。当车辆行驶时，整车控制器收到加速踏板的信号，从而判断整车工作模式（如起步、加速、减速、匀速行驶），将控制信号发送给电机控制器，电机控制器将从高压配电箱输送过来的高压直流电逆变为高压感想交流电，输送到驱动电机，完成相应的工作模式。

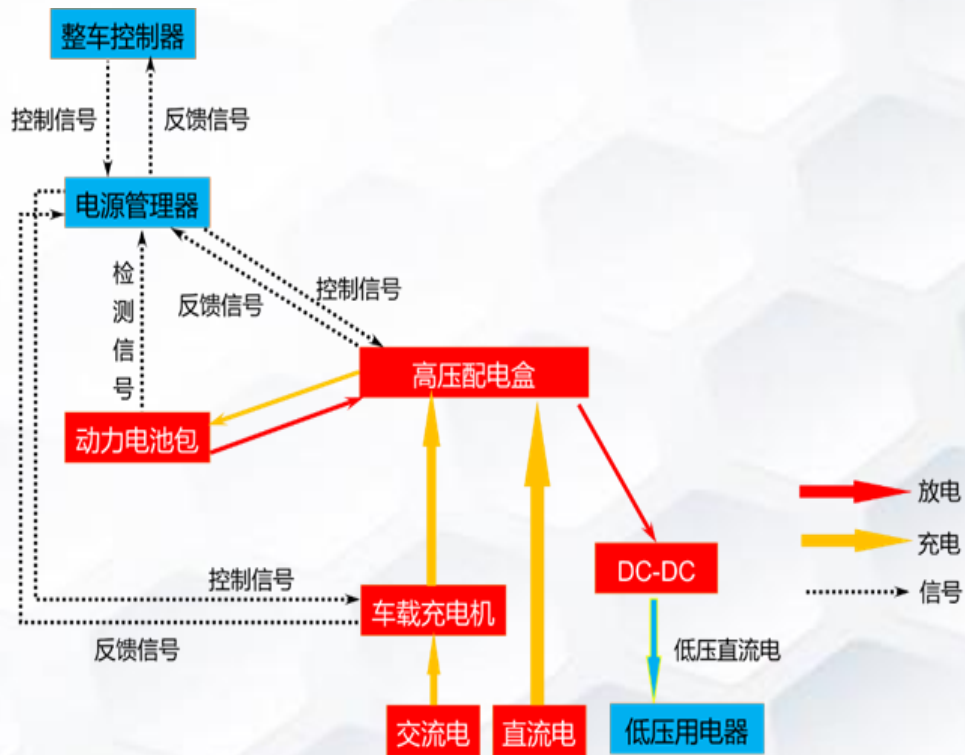
驱动电机上旋转变压器检测电机的相关信号，并由电机控制器收集这些信号，判断电机的工作状态，通过内部处理后将反馈信号输送给整车控制器。





(3) 充电系统。

如图所示为新能源汽车充电系统框图。充电系统中主要分为慢充系统（交流充电系统）和快充系统（直流充电系统）。





在进行慢充时，充电桩与车辆进行连接确认后，动力电池包里面的分压接触器先接通，让电池包形成一个整体后接通主预充接触器，然后接通负极接触器，完成车辆预充流程，此时接通正极接触器，然后断开预充接触器，接合交流充电接触+，系统完成上述流程后，从充电桩输入的交流电通过车载充电机整流、逆变后进入高压配电盒的交流充电接触器，再进入动力电池包，实现慢充充电。在充电过程中，电源管理器监测车载充电机和动力电池包的相关信息，然后与整车控制器进行信息交互，实现慢充充电的控制。



充电系统中主要分为**慢充系统**（交流充电系统）和**快充系统**（直流充电系统）。

在进行快充时，同样完成充电桩与车辆的连接确认后，动力电池包里面的分压接触器先接通，然后再接通主预充接触器，预充完成后，再到接通直流充电接触器-、接通直流充电接触器+，最后断开主预充接触器，此时，从充电桩输入到高压配电盒的直流电开始对动力电压包进行充电。在充电的过程，电池管理器监测动力电池包的相关信息，然后与整车控制器进行信息交互，实现快充充电的控制。



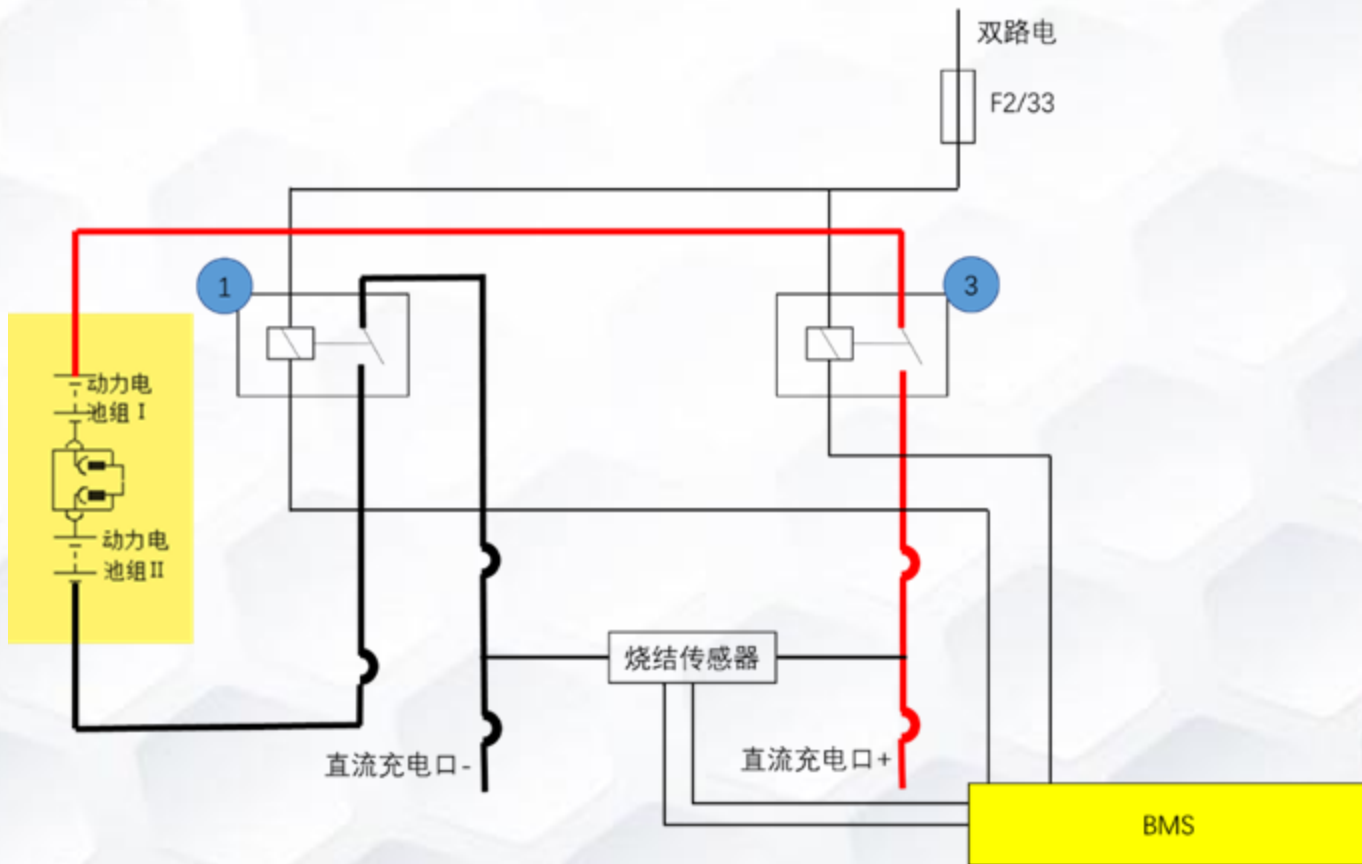
进行直流充电时，如果车辆安装了烧结传感器，如图所示，控制单元（一般是BMS）还会对直流充电接触器进行烧结检查，如果高压电路没有存在烧结现象，则系统会进入下一步工作流程。在进行慢充充电、快充充电的过程中，控制单元还会对充电口的温度进行监测，当温度过高时，会停止充电。

在进行充电时，DC/DC变换器将动力电池的高压直流电转换为12V的低压直流电，为整车低压系统供电，并在低压蓄电池亏电时对其进行充电，保证在车辆工作时各个系统的低压电路能正常供电。



EV450汽车整车控制系统及检修

EV450 vehicle control system and overhaul









2. 整车控制器及低压电器系统

2.1 整车控制器

整车控制器(VCU, Vehicle Control Unit), 是整个电动汽车的核心控制部件, 它通过采集加速踏板信号、制动踏板信号及其他部件信号, 进行相应地判断, 然后控制各部件控制器动作, 实现电动汽车的正常行驶和各种功能的使用。整车控制器通过CAN总线与相关部件控制器交换信息并对当前车辆运行状态进行管理、调度。例如整车控制器通过采集踏板信号对驾驶人意图, 进行解读, 然后针对车辆的不同配置, 进行相应的能量管理, 通过CAN总线将控制指令传递给电机控制器, 实现整车驱动及相应部件的控制。



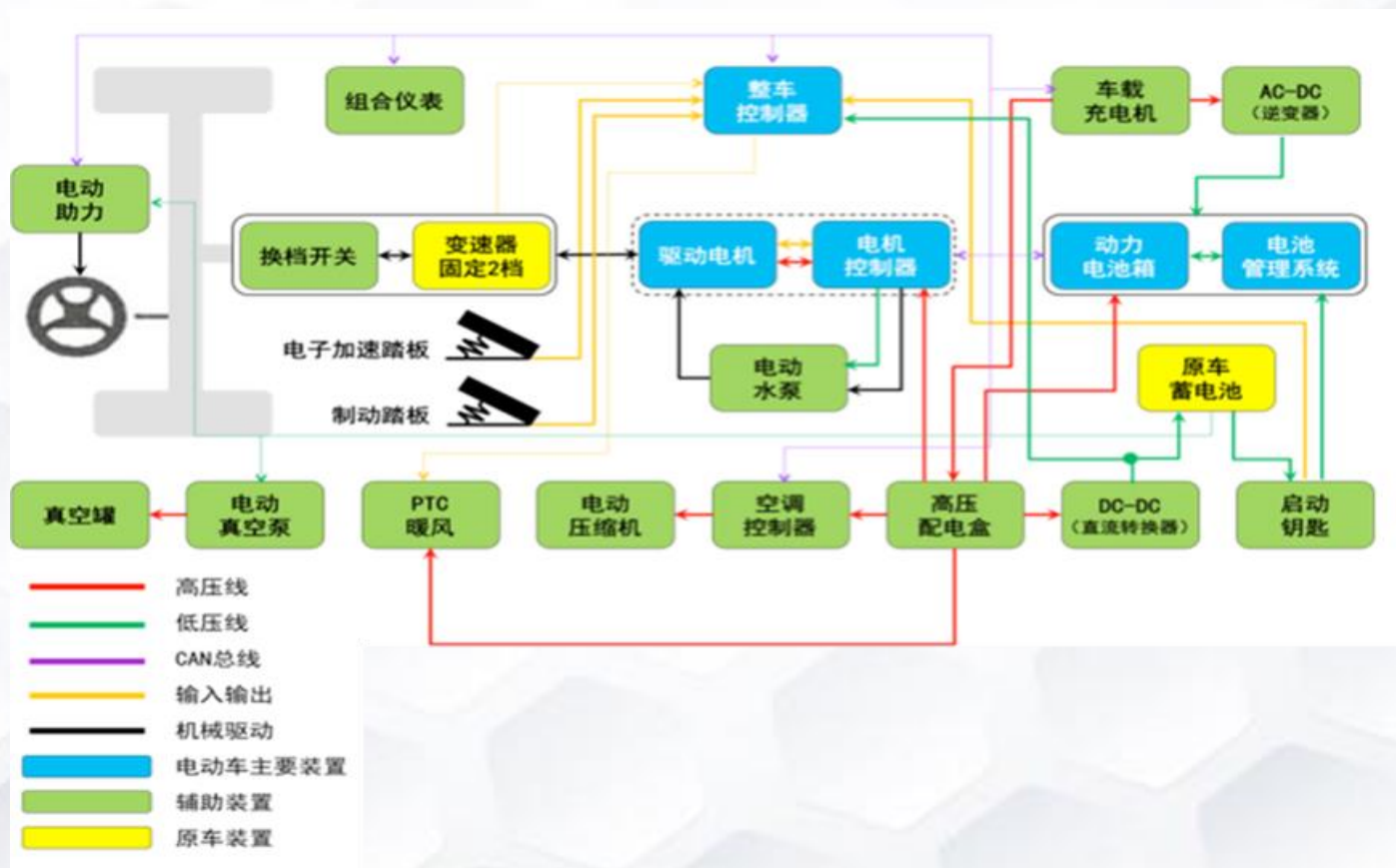
纯电动汽车整车控制系统采用了**集中控制与分布式处理**相结合的车辆控制系统结构，各部件都有独立的控制器，整车控制器对整个系统集中进行能量管理及各部件的协调控制。

纯电动汽车整车控制系统采用了集中控制与分布式处理相结合的车辆控制系统结构，各部件都有独立的控制器，整车控制器对整个系统集中进行能量管理及各部件的协调控制。为满足系统数据交换量大、实时性、可靠性要求高的特点，整个分布式控制系统之间采用CAN总线进行通信。如图所示为北汽车型的整车控制原理。



EV450汽车整车控制系统及检修

EV450 vehicle control system and overhaul





2.2 整车控制器的监测与控制功能

纯电动汽车的整车控制器的主要功能包括：**整车控制模式判断和驱动控制**、**整车能量优化管理**、**整车通信网络管理**、**制动能量回馈控制**、**故障诊断和处理**、**车辆状态监测与显示**和**远程控制**等，整车控制器功能框图如图所示。整车通过A总线和IO端口来获得如加速踏板开度、电池SOC、车速等信息，并根据这些信息输出不同的控制动作。





(1) 整车控制模式判断和驱动控制

整车控制器通过车辆相关系统的各种状态信息（起动钥匙、充电信号、加速 / 制动踏板位置、当前车速和整车是否有故障信息等）来判断当前需要的**整车工作模式（充电模式和行驶模式）**，然后根据当前的参数和状态及前一段时间的参数及状态，算出当前车辆的转矩能力，按当前车辆需要的转矩，计算出合理的**最终实际输出的转矩**。例如，当驾驶人踩下加速踏板时，整车控制器向电机控制单元发送电机输出转矩信号，电机控制系统控制电机按照驾驶人的意图输出转矩。



(2) 整车能量优化管理

纯电动汽车有很多用电设备，包括电机和空调设备等。整车控制器可以对能量进行合理优化来**提高纯电动汽车的续航里程**。例如当动力电池组电量较低时，整车控制器发送控制指令关闭部分起辅助作用的电器设备，将电能优先保证车辆的安全行驶。



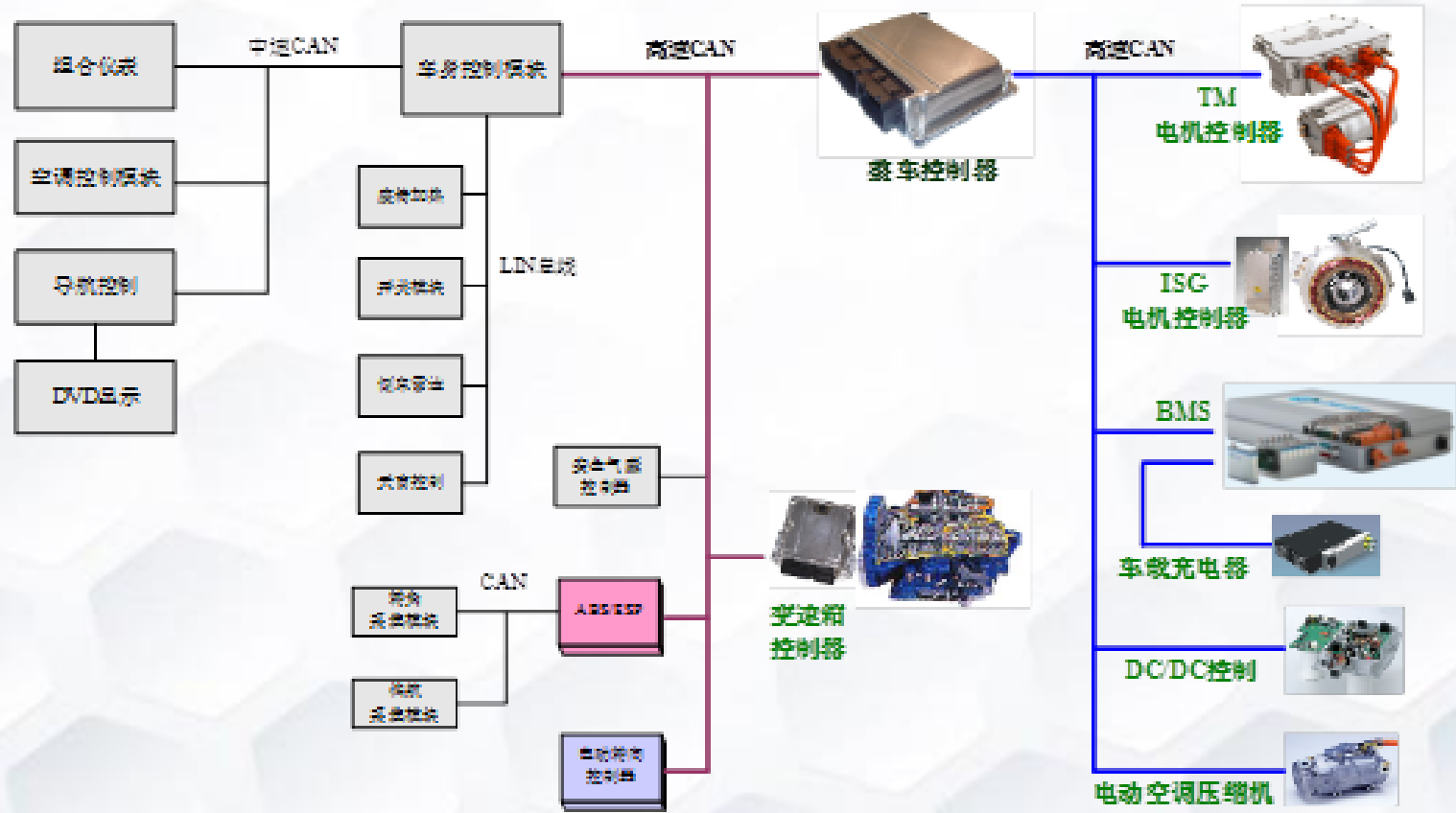
(3) 整车通信网络管理

在整车的网络管理中，整车控制器是信息控制的中心，负责信息的组织与传输、网络状态的监控、网络节点的管理、信息优先权的动态分配以及网络故障的诊断与处理等功能。通过CAN（）EVBUS）总线协调BMS、电机控制器、空调系统等模块相互通信，如图所示。



EV450汽车整车控制系统及检修

EV450 vehicle control system and overhaul



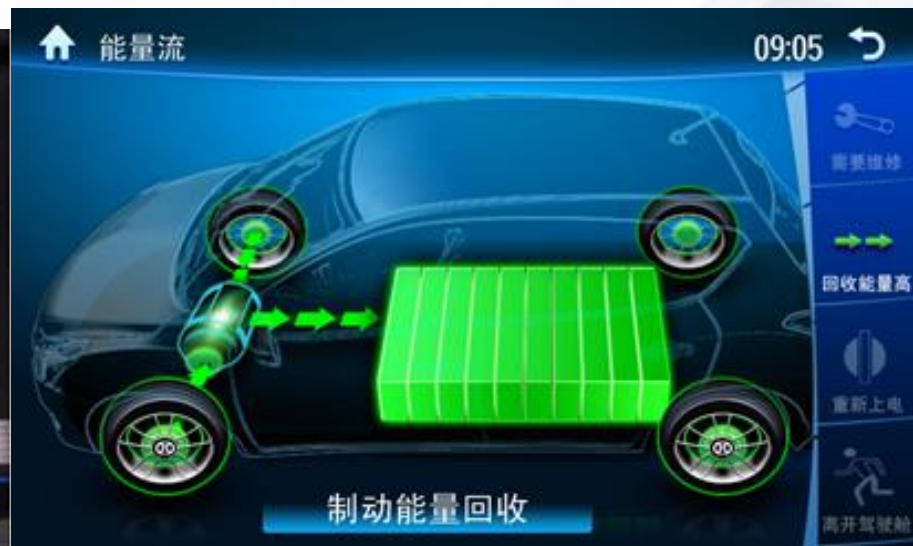


(4) 制动能量回馈控制

电动汽车的电机可以工作在再生制动状态，对制动能量进行回收是利用电动汽车和传统能源汽车的重要区别。整车控制器根据行驶速度、驾驶入制动意图和动力电池组状态（如电池荷电状态SOC值）进行综合判断后，**对制动能量回馈进行控制**。如果达到回收制动能量的条件，整车控制器向电机控制器发拱控制指令，使电机工作在发电状态，将部分制动能量储存在动力电池组中，提高车辆能量利用效率。



如图所示为制动能量回收时仪表的状态显示。





(5) 故障诊断和处理

连续监视整车电控系统，进行**故障诊断**，并及时进行相应**安全保护处理**。根据传感器的输入及其他通过CAN总线通信得到的电机、电池、充电机等的信息，对各种故障进行判断、等级分类、报警显示，储存故障码供维修时查看。故障指示灯指示出故障类型和部分故障码，对于不太严重的故障，能做到“跛行回家”。如图所示为故障分级图。



EV450汽车整车控制系统及检修

EV450 vehicle control system and overhaul





(6) 车辆状态监测和显示

整车控制器能够对车辆的状态进行实时检测，并且将各个子系统的信息发送给车载信息显示系统，其过程是通过传感器和CAN总线，检测车辆状态，将状态信息和故障诊断信息通过数字仪表显示出来，显示内容包括：**车速、里程、电机的转速、温度、电池的电量、电压、电流和故障信息等。**





(7) 远程控制

某一些电动汽车具有便捷的远程控制功能，主要包括**远程查询功能**、**远程空调控制**和**远程充电控制**。用户可以通过手机APP进行远程控制。

远程查询功能：用户可以通过收集APP实时查询车辆状态，包括电池SOC值、续驶里程、空调状态和电池温度等，如图所示远程查询功能。





远程空调控制：在夏季或冬季，用户可以在使用车辆前通过手机APP实现车辆空调系统远程控制，包括空调制冷、空调暖风和除霜等功能，如图4-23所示；
远程充电控制：用户离开车辆时，将充电枪插入充电桩，可以不立即充电，可以通过远程控制利用电价波谷进行充电操作。





3.3 整车控制器的保护功能

纯电动汽车整车控制器保护功能主要是从系统控制层面对关系到车辆及驾驶人安全的功能、故障等进行有效处理，是保障车辆正常运行及驾驶人安全的重要功能。纯电动汽车整车控制器能够完成的保护功能主要可分为**功能类保护**和**故障类保护**两大类。功能类保护主要是：指整车控制器对关系到车辆行驶安全的功能能够进行妥善地控制，如防溜车控制、充电保护控制等；故障类保护是指整车控制器对车辆运行状态进行实时诊断，对出现的故障进行预警及应急处理，以保证整车在安全要求范围内的可使用性。

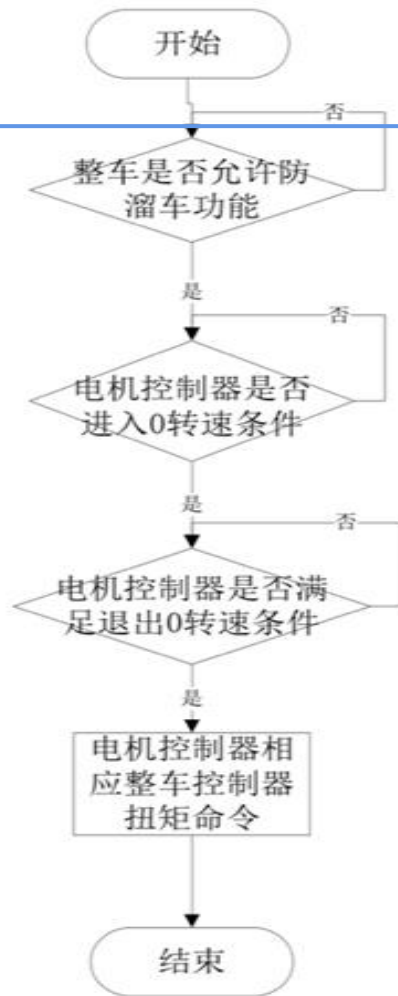


(1) 防溜车功能控制

当车辆在坡道上起步时，驾驶人从松开制动踏板到踩下加速踏板的过程中，可能会出现向后溜车的现象。此外，车辆在坡道上行驶时，如果驾驶人踩下的加速踏板的深度不够，导致驱动力不足，车辆也会出现车速逐渐降到0然后向后溜车的现象。溜车现象产生的最主要原因是车辆驱动力不足以克服车辆在坡道上受到的上坡阻力。为了防止车辆在坡道上向后溜车，在纯电动汽车整车控制策略中需要增加防溜车控制功能。



整车控制器首先判断车辆是否允许进行防溜车控制，并对电机控制器输出转矩与车速状态进行对比判断，当发现车辆出现溜车现象时，整车控制器将命令电机控制器适当加大电机转矩，从而控制整车车速，以防止溜车现象的出现。防溜车控制功能可以保证整车在坡上起步时，向后溜车距离小于10cm；整车在上坡行驶过程中如果动力不足时，整车车速会慢慢降到0，然后保持0车速，不再向后溜车。其控制流程如图所示。





(2) 充电过程保护控制

在为动力电池充电时，整车控制器将与电池管理系统共同进行充电过程中的充电功率控制。整车控制器在此处的主要功能是：在接收到充电信号后，禁止整车高压系统上电，以保证车辆在充电状态下处于行驶锁止状态。

此外，整车控制器将实时监控动力电池状态信息，配合电池管理系统合理控制充电功率，以保护动力电池，避免出现过充电现象。对应于充电过程对动力电池的保护控制，在车辆实际运行过程中，整车控制器也将实时监控动力电池状态信息，以避免动力电池出现过放电现象。



(3) 高压上下电保护控制

在驾驶人使用车辆过程中，整车控制器将根据驾驶人对行车钥匙开关的操作，进行动力电池高压接触器的开关控制，完成高压设备电源通断和预充电控制。这样能够做到当整车只有低压用电需求时，高压系统处于断电状态，以保护用电器及人员的安全。

此外，整车控制器还将根据各用电器的用电需求，协调控制各相关部件的上电与下电流程，包括电机控制器、电池管理系统等部件的供电以及预充电继电器、主继电器的吸合和断开时间等。有序的上下电流程能够保证高压系统的稳定工作，并避免高压上下电的瞬时电流过大导致用电设备损坏。



(4) 故障保护功能控制

在车辆上电后，无论车辆处于静止状态还是运行状态，整车控制器都将连续监视整车电控系统，对系统实时出现的故障进行诊断，并及时进行相应的安全保护处理。根据传感器的输入信号及其他通过CAN总线通信得到的驱动电机、动力电池、车载充电机等状态信息，对各种故障进行判断、等级分类、报警显示，并实时存储故障码，供维修时查看。

通过对故障进行分级处理（如图），能够有效保证车辆的正常运行和整车安全。整车控制器通过显示系统，能够对于各级故障进行显示，提醒驾驶人及时处理。如当空调压缩机电流过大时，整车控制器将断开空调压缩机供电电路，以对空调系统进行保护；在进行车辆换档控制时，当整车控制器检测到驾驶人换档误操作时，将不解读驾驶人的换档意图，同时会通过仪表等提示驾驶人，使驾驶人能迅速做出纠正。



(5) 高压互锁功能

1) 高压互锁功能概述

高压互锁回路简称HVIL (High Voltage Interlock), 是利用电气小信号来检测整个高压系统包括导线、插接器及护盖在内的电器完整性和连续性, 并能够在互锁回路异常断开时, 及时断开高压电。

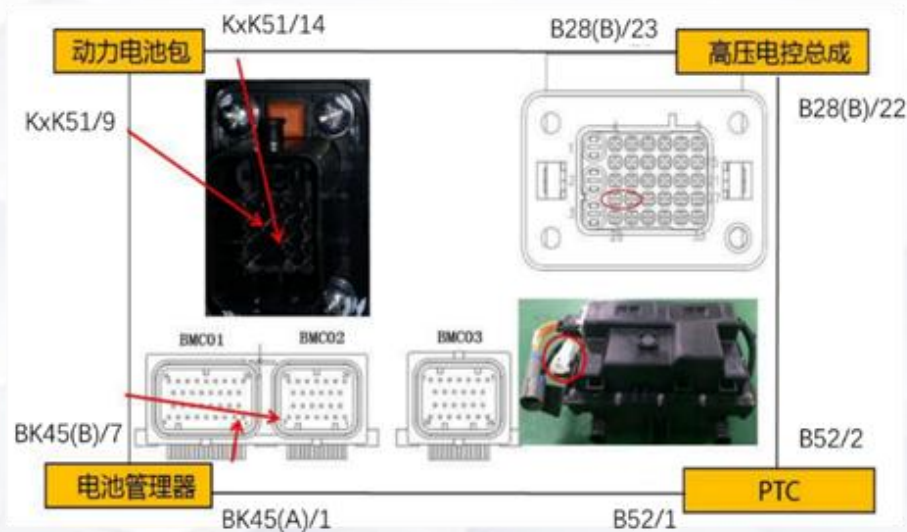
高压互锁回路具体功能如下:

- ✓在高压上电前, 确保整车高压系统的完整性, 使高压处于一个封闭的环境下工作, 提高整车安全性。
- ✓在车辆运行过程中, 若高压系统回路断开或者完整性受到破坏时, 高压互锁装置需能够及时启动安全防护。
- ✓防止带电插拔高压插接器给高压端子造成拉弧损坏。



2) 高压互锁回路

如图所示为2015款比亚迪E5的高压互锁信号回路。在此高压互锁回路中，电池管理器BK45 (A) /1输出一个PWM信号，经过部件PTC、高压电控总成、动力电池包，再由于BK45 (B) /7输入到电池管理器，完成整个互锁回路的监测。



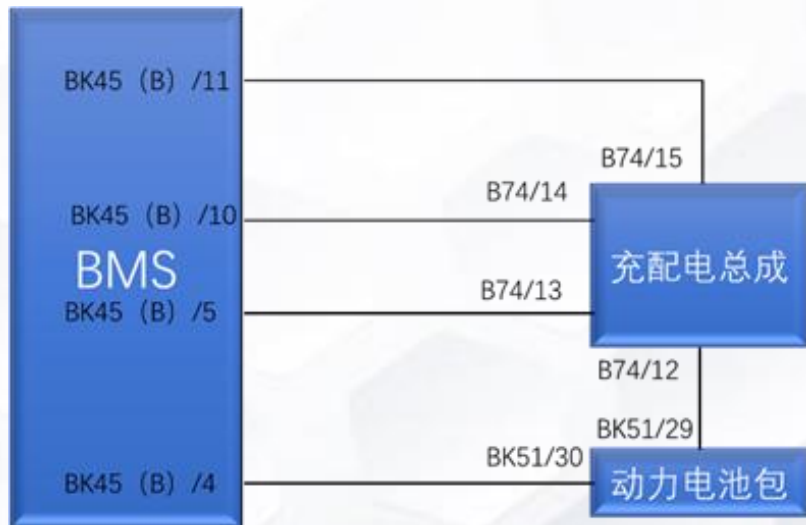


如图所示为2018款比亚迪E5的高压互锁信号回路。在此高压互锁回路中，可以看出该款车型的高压互锁有两条回路，第一条回路中，由BMS的BK45（B）/4号端子输出PWM信号，流经动力电池包的BK51/30端子，信号进入动力电池包后，经由BK51/29端子输出后，由B74/12端子进入充配电总成，再由充配电总成的B74/13输出出去，经BK45（B）/5进入BMS，从而完成互锁回路的监测。



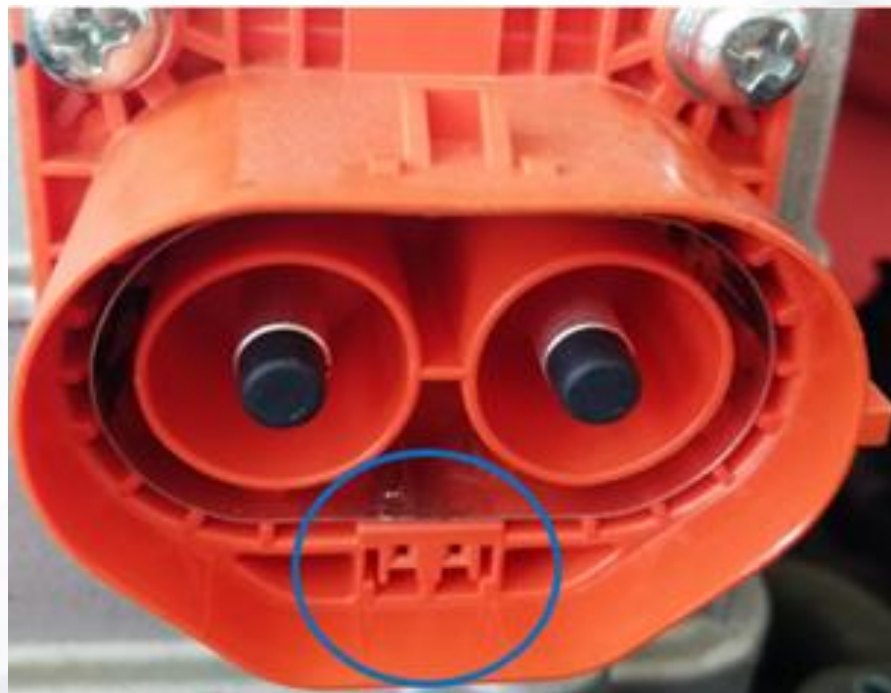


第二条回路中，由BMS的BK45 (B) /10端子输出PWM信号，流经B74/14端子进入 充配电总成，再通过充配电总成的B74/15输出到BK45 (B) /11进入BMS，从而完成互锁回路的监测。





高压部件连接器中互锁结构如图所示。

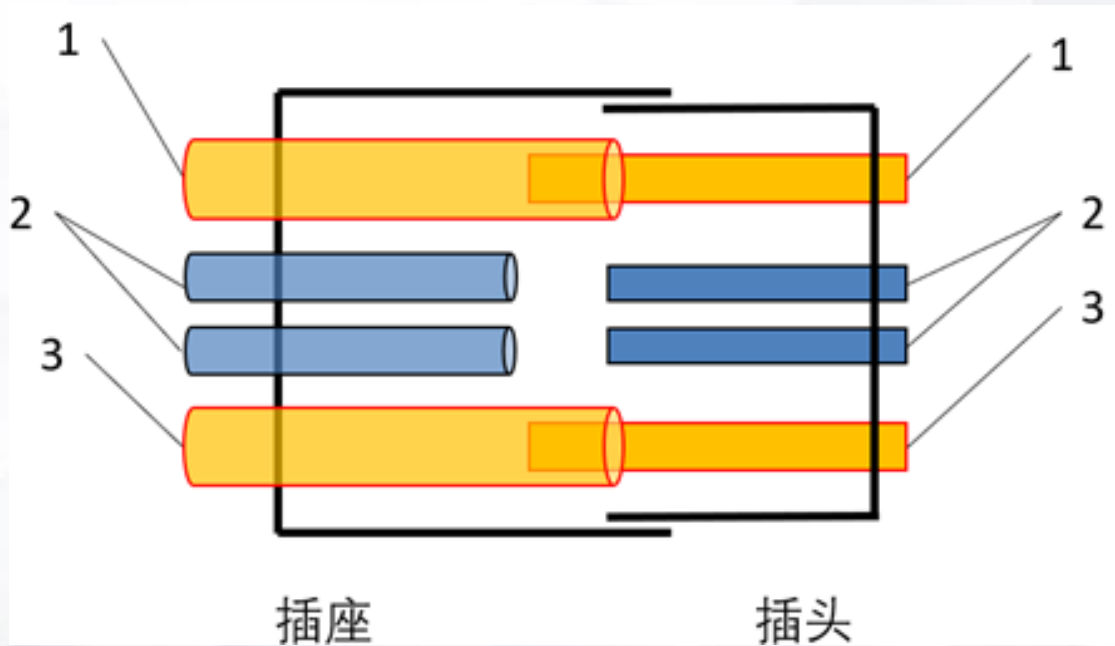




高压部件连接器的低压互锁端子要比高压导线端子要短，其效果图如图所示，这样能够在带电情况下对连接进行插拔作业时（注意，带电情况下严禁对连接器进行插拔作业）有效保护高压系统电路及部件。

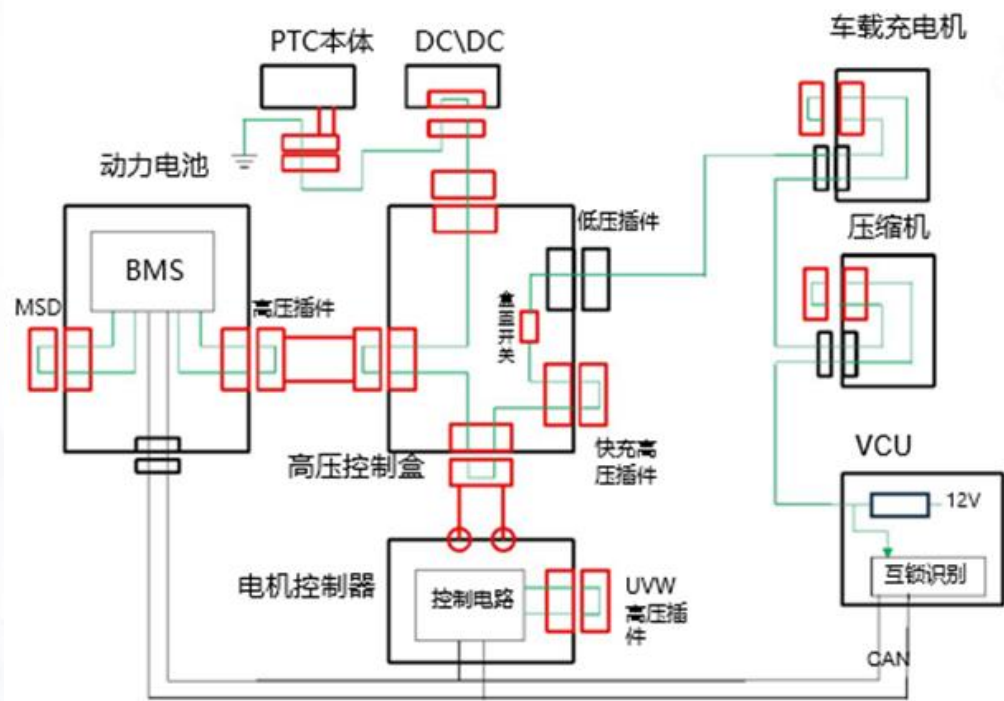
- 1. 高压正极导线端子
- 2. 低压互锁导线端子
- 3. 高压负极导线端子

图 高压部件连接器互锁效果图





如图所示为北汽EV160的高压互锁信号回路。从图中可以得知该款車型的高压互锁有四条回路，分别为维修开关MSD低压互锁线、动力电池高压插件低压互锁线、电机控制器U、V、W高压插件低压互锁线、其他高压部件低压互锁线。





其他高压部件低压互锁线通过一根低压导线将整车控制器VCU、空调压缩机、车载充电机、高压控制盒开盖开关、高压控制盒上所有高压插件、DC/DC变换器、PTC加热器串联在一起，低压互锁线的12V电压来自整车控制器VCU内部，低压互锁线经PTC加热器后搭铁形成封闭回路。当高压回路所有插件连接完好，VCU内部检测电压 $V_S=0V$ ，高压回路完整；当高压回路内某一个插件没有连接好，VCU内部检测电压 $V_S=2V$ ，高压回路不完整，此时整车控制器切断高压供电回路，禁止动力电池对外供电。互锁回路还包括了用于检测高压部件盖板是否可靠关闭的行程开关。



(6) 碰撞保护功能

- ✓当车辆发生碰撞时，控制单元检测到碰撞信号大于一定阈值时，会切断高压系统主回路的电气连接，同时通知驱动电机控制器激活主动泄放，从而使发生碰撞时的短路危险、人员电击危险降低到最低。
- ✓泄放包括了主动泄放和被动泄放。



- ✓驱动电机控制器中含有主动泄放回路，当检测到车辆发生较大碰撞、高压回路中某处接插件存在拔开状态、或含有高压的高压电控产品存在开盖情况，可在5s内将高压回路直流母线电压泄放到60V以下，迅速释放危险电能，最大限度保证人员安全。
- ✓在含有主动泄放的同时，驱动电机控制器、空调驱动控制器等内部含有高压的高压电控产品同时设计有被动泄放回路，可在2分钟内将高压回路直流母线电压泄放到60V以下，被动泄放做为主动泄放失效的二重保护。



2.4 整车控制器电路

2018款比亚迪E5纯电动汽车的整车控制如图所示。从图中可以得出，油门踏板信号、制动踏板信号、压力传感器信号、无极风扇控制信号、碰撞信号、制动信号等这些信号都是输入到整车控制器里面，整车控制器再通过CAN网络系统与其它控制单元进行信息的交互，从而实现对车辆控制。



EV450汽车整车控制系统及检修

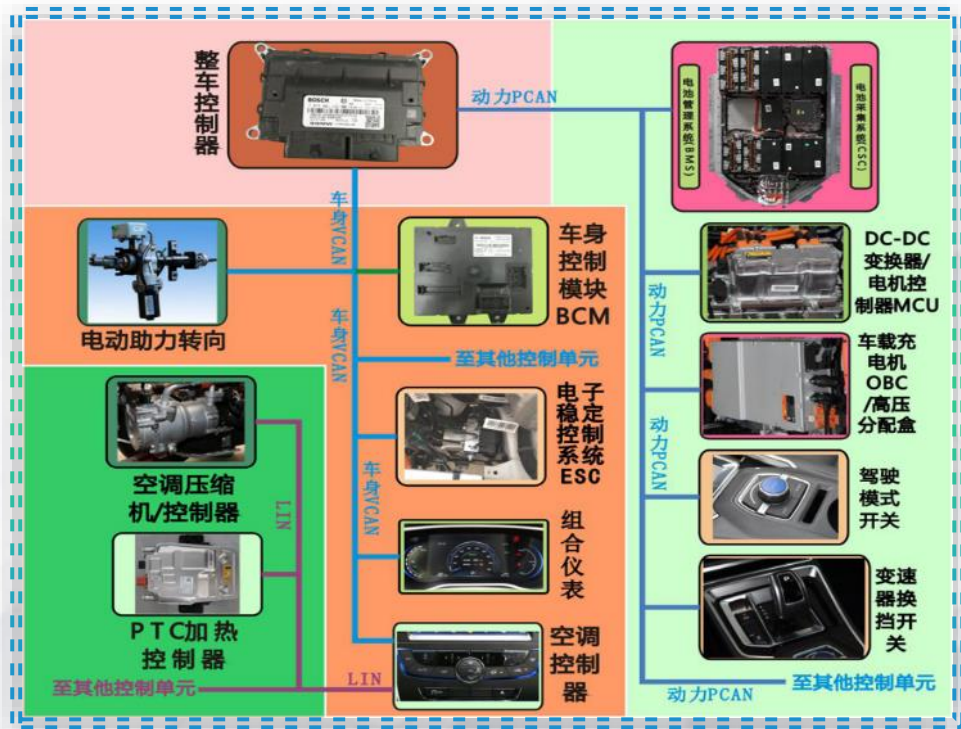
EV450 vehicle control system and overhaul





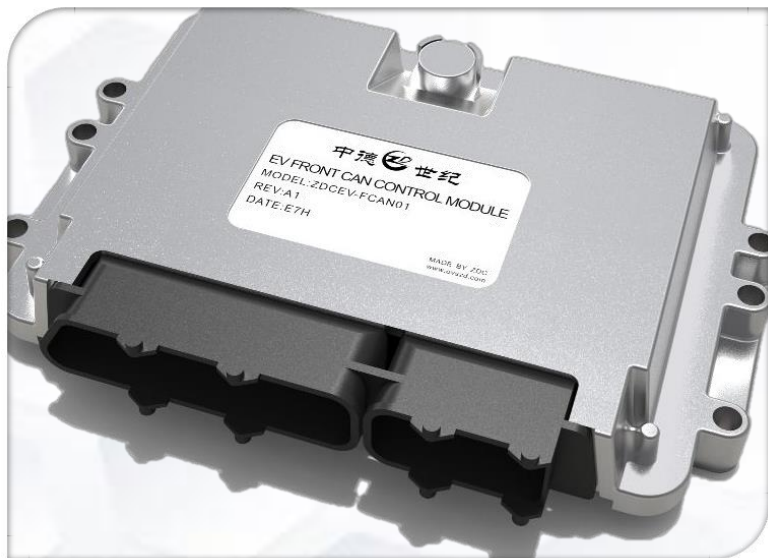
一、整车控制系统介绍：VCU架构

吉利EV450 VCU架构





一、整车控制系统介绍：VCU的作用



解析驾驶需求、监控车辆行驶状态、协调BMS、MCU、OBC、DC/DC等工作，实现整车上下电、驱动控制、能量回收、通用件控制、故障诊断等功能。

VCU的作用



一、整车控制系统介绍：VCU的功能



驾驶员
意图解析

驱动控制

制动能量
回收控制

整车能量
优化管理

充电过程
控制

高低压上
下电控制

上坡辅助
功能

电动化
辅助系统
管理

车辆状态
实时监测
和显示

行车控制
模式

故障诊断
与处理

热管理
控制

动力系统
防盗控制

DC/DC
控制

主动放电
模式

整车控制系统CAN
总线网络化管理

基于CCP
的在线匹
配标定

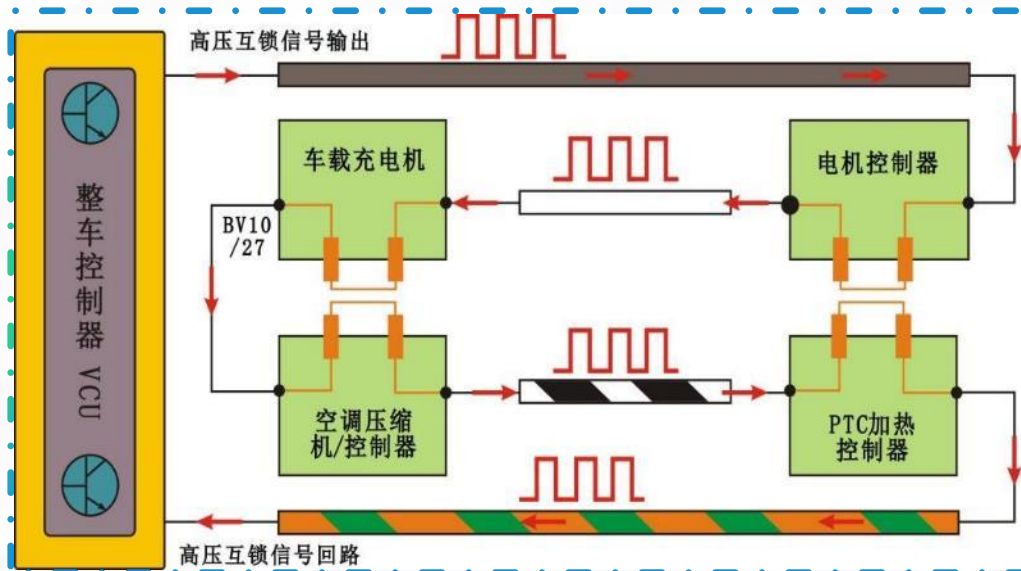
档位控制

远程监控



一、整车控制系统介绍：VCU功能之高压互锁

整车高压互锁：
确认整个高压
系统的完整性



高压互锁信号回路

高压互锁信号回路

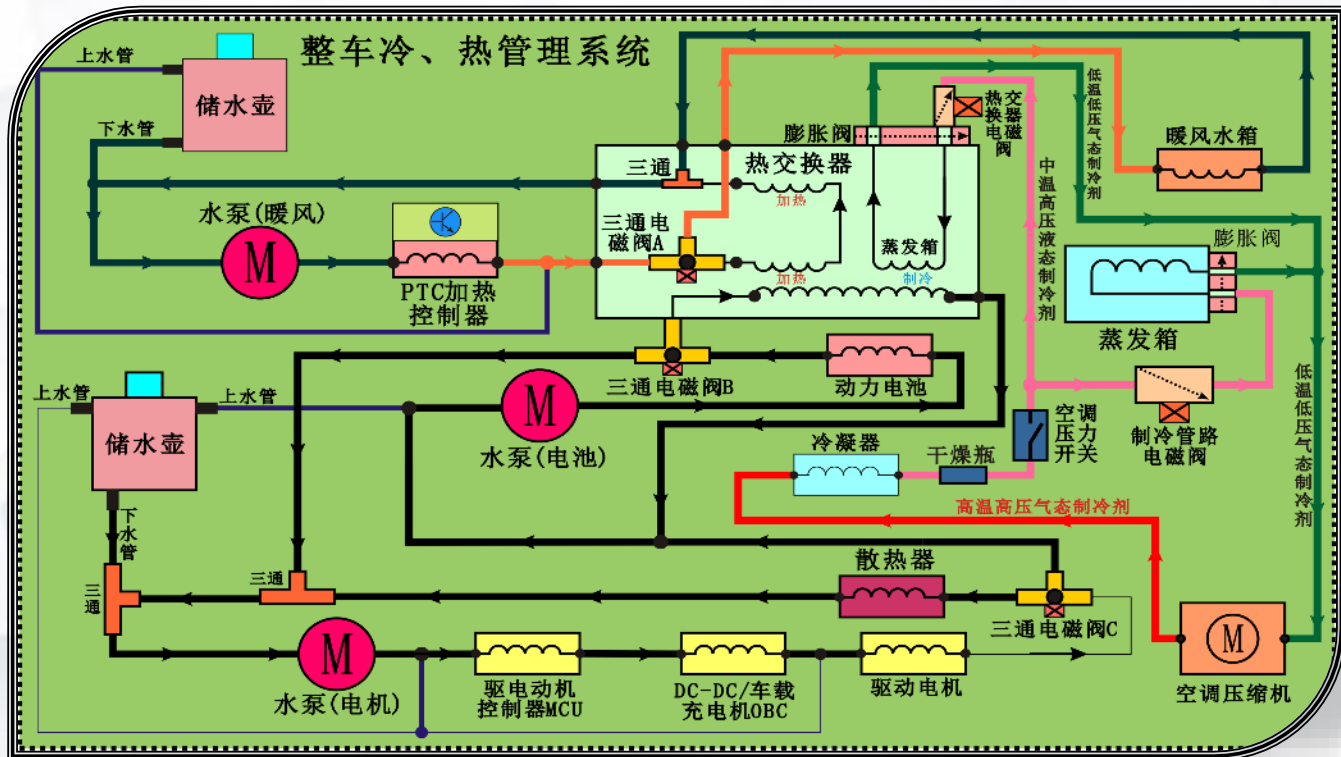
电机控制器

控制器



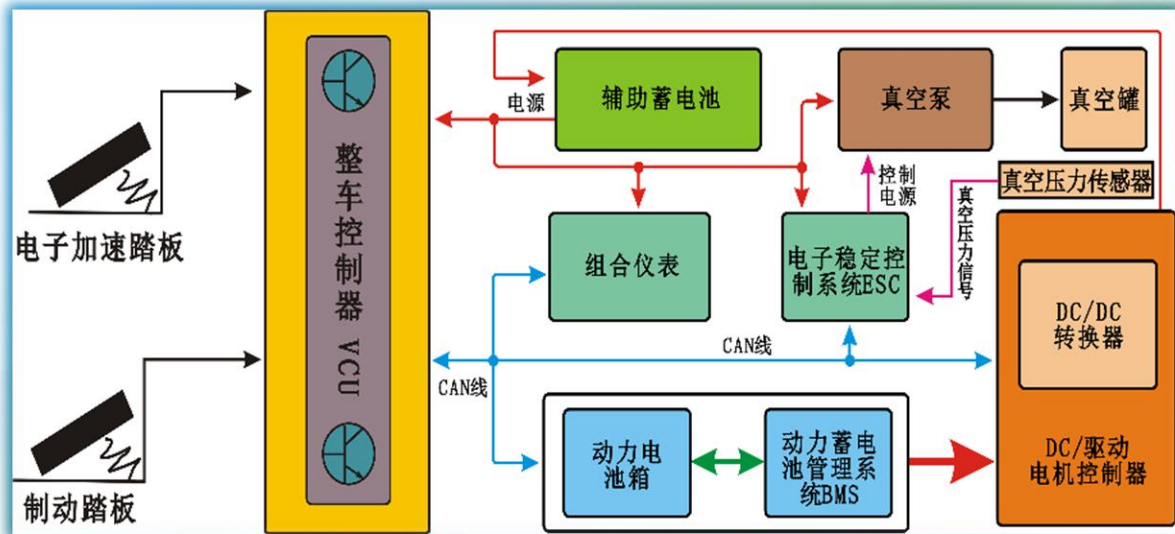


一、整车控制系统介绍：整车冷热管理系统





一、整车控制系统介绍：整车制动真空控制系统



制动踏板

组合

ESC

DC/驱动电机



二、VCU常见故障的诊断:





二、VCU常见故障的诊断：任务描述



VCU常见的故障现象:

- 01 整车上电故障
- 02 电控系统冷却故障
- 03 车辆加速故障



二、VCU常见故障的诊断：任务分析

任务分析

与车辆相关的知识

知识
点

与维修相关的技能

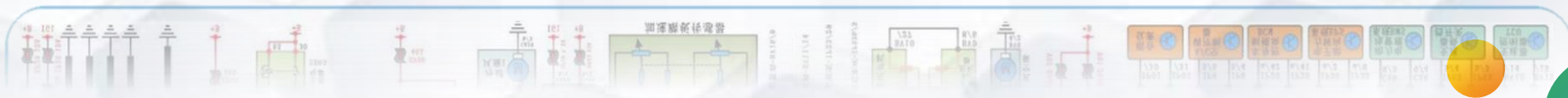
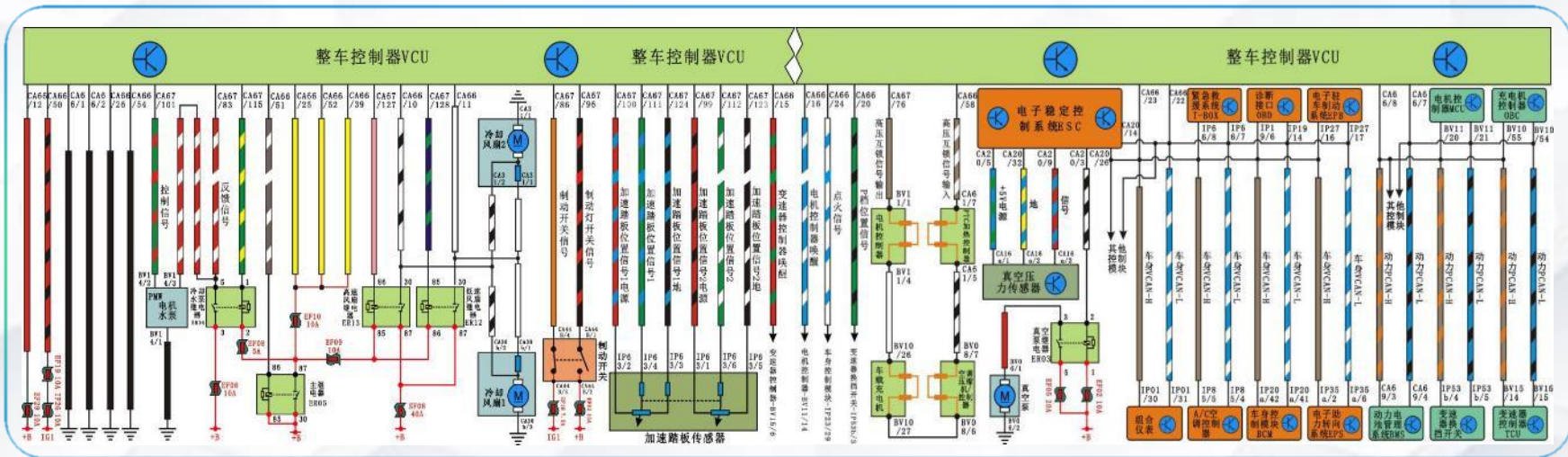
技能
点

根据任务描述中的关键词，通过查阅相关维修手册，对应整理出完成该任务的知识点和技能点。



二、VCU常见故障的诊断：故障分析(整车上电故障)

进行故障分析时要结合系统线路和观察到的现象认真分析，并借助诊断仪器缩小故障范围。





二、VCU常见故障的诊断：故障分析(整车上电故障)

第一步

检查点火开
关绿色指示
灯状态



踩制动踏板前

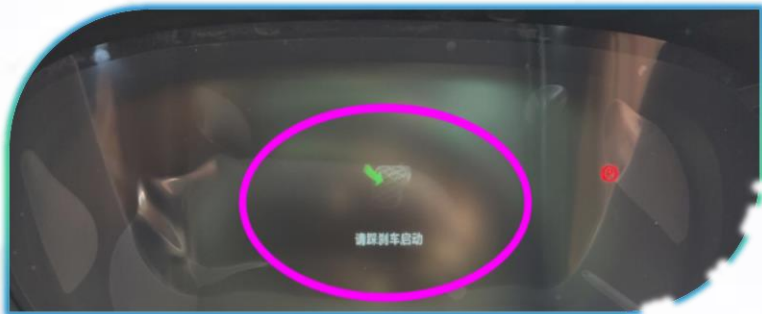


踩制动踏板后





二、VCU常见故障的诊断：故障分析(整车上电故障)



第一次强制
按下点火开关



再次强制按
下点火开关

故障现象1

踩下制动踏
板，点火开
关指示灯不
亮。

感 谢 聆 听

Thank you for listening

