



电动汽车结构 原理与检修

篇首语

承载着汽车最新科技，我勇往直前，身后是一双
沉凝的脚印，更有一片湛湛的蓝天。



目录

第一章 概述	1
第一节 电动汽车的组成	2
第二节 纯电动汽车驱动系统布置形式	5
第三节 纯电动汽车特点	8
第二章 高压安全及高压传输系统	9
第一节 高压安全操作与防护	10
第二节 高压配电系统	19
第三节 常见车型高压传输及高压安全保护	27
第三章 动力电池管理系统	41
第一节 动力电池	42
第二节 电池管理系统	45
第三节 北汽新能源高野管理系统	55
第四节 比亚迪高压电源管理系统	60
第五节 帝豪 EV540 电动汽车动力电池管理系统	77
第六节 启辰纯电动汽车电源管理系统	87

目 录

第四章 电动汽车驱动系统	92
第一节 概述	93
第二节 驱动电机基本原理	95
第三节 电动汽车永磁同步电机结构及控制	100
第四节 北汽电动汽车驱动系统	114
第五节 比亚迪秦电动汽车驱动系统	120
第六节 帝豪 EV450 电动汽车驱动系统	135
第七节 轮毂电机	170
第五章 低压电路	173
第一节 低压电路的组成	174
第二节 DC-DC 变换器与低压电池	176
第三节 常见车型低压电池和 DC-DC 系统	178
第四节 车载终端及车载网络	183
第六章 充电系统	193
第一节 电动汽车充电设备类型及充电行式	194
第二节 电动汽车充电系统结构原理	201
第三节 北汽电动汽车充电系统	209
第四节 比亚迪电动汽车充电系统	212
第五节 帝豪 EV450 充电系统	216

目录

第七章 整车控制器	227
第一节 整车控制器基本功能	228
第二节 整车控制器组成与原理	230
第三节 常见车型整车控制器	232
第八章 电动汽车空调系统	244
第一节 电动汽车空调系统的结构	245
第二节 常见电动车型空调系统	249
第九章 制动系统	275
第一节 制动系统结构原理	276
第二节 常见车型制动系统结构	280
第十章 仪表系统	292
第一节 电动汽车仪表结构原理	293
第二节 常见车型仪表系统	298

第1章

概述



1. 理解电动汽车结构
2. 掌握电动汽车原理
3. 了解电动汽车驱动方式
4. 理解电动汽车优缺点



第一节 电动汽车的组成

内燃机汽车主要由发动机、底盘（传动系、行驶系、制动系、转向系）、车身和电气设备 4 大部分组成，发动机把燃料燃烧产生的热能变成机械能，再通过底盘的传动机构，将动力传给 4 个车轮，使汽车行驶。

纯电动汽车与内燃机汽车相比，取消了发动机，动力有电动机提供，底盘上的传动机构发生了根本性的改变，根据驱动方式的不同，一些部件已被简化或省去。

纯电动汽车没有了发动机，汽车制动系统的真空源由电动真空泵提供，在汽车制动时还具有能量回收功能。

纯电动汽车的空调制冷系统的动力依然来自于电动机，其合成在电动压缩机内。空调的制热系统则来自于电加热材料 PTC，通电加热 PTC 产生的热量直接或通过冷却液进入驾驶室。

纯电动汽车电气设备分为低压电器和高压电器。高压电器是内燃机汽车上所不具备的，对于低压电器而言，其所具有的功能和内燃机汽车基本一致，其电源依然来自 12V 蓄电池，当 12V 蓄电池馈电时，由高压电源通过 DC-DC 装置向其充电。另外，纯电动汽车的电器集成化程度普遍较高，总线技术已广泛应用。

相对于内燃机汽车而言，行驶系、转向系、车身没有过多变化，其性能和设计更有利于电动汽车整体结构特点，传统汽车和纯电动汽车构造比较如图 1-1-1 所示。

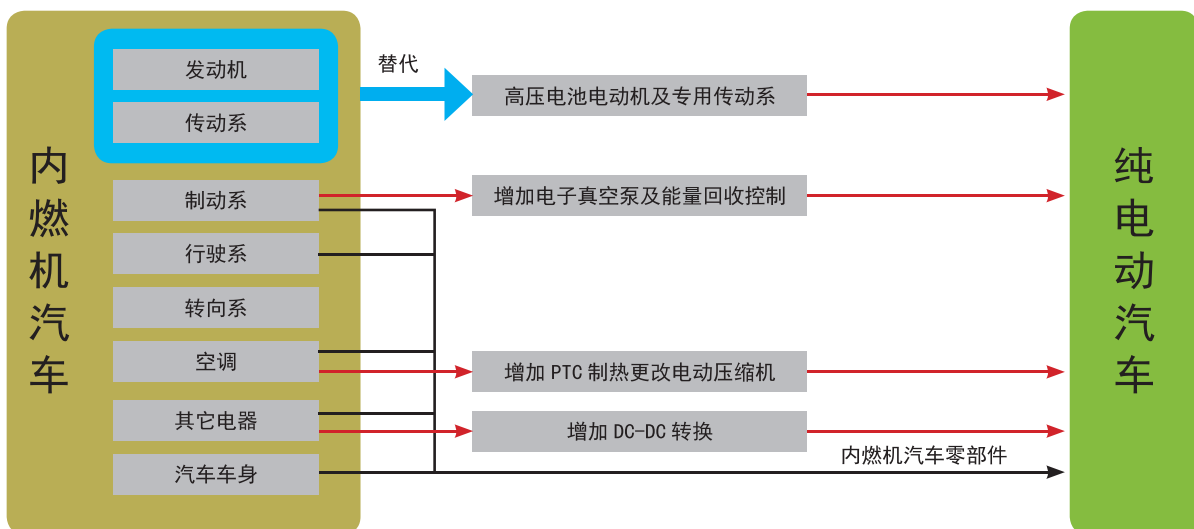


图 1-1-1 传统汽车和纯电动汽车构造比较

一、电动汽车的组成

一般来说纯电动汽车由高压驱动系统、底盘、车身、电气辅助系统、整车控制器等组成，高压驱动系统包括高压电池组及高压传输系统、电池组管理系统、电机驱动系统、充电系统等，如图 1-1-2 所示。

1. 驱动电机系统

驱动电机系统主要包括电机控制器和驱动电机。电机控制器是按整车控制器的指令对驱动电机的转速、转矩和旋转方向进行控制。电机在纯电动汽车中被要求承担着电动和发电的双重功能，即在正常行驶时发挥其主要的电动功能，将电能转化为机械旋转能；而在减速和下坡滑行时又被要求进行发电，承担发电机功能，将车轮的惯性动能转换为电能。

驱动电机在电路中用字母 M 表示。



图 1-1-2 纯电动汽车高压驱动系统

2. 电源系统

电源系统主要包括动力电池、电池管理系统、车载充电机。动力电池是电动汽车的动力源，是能量的存储装备，也是目前制约电动汽车发展的关键因素，要使电动汽车与内燃机汽车相竞争，关键是开发出比能量高、比功率大、使用寿命长、成本低的动力电池。

电池管理系统实时监控动力电池的使用情况，对动力电池的端电压、内阻、温度、电解液浓度、当前电池剩余电量、放电时间、放电电流或放电深度等动力蓄电池状态参数进行检测，并按动力电池对环境温度的要求进行调温控制，通过限流控制避免动力蓄电池过充、过放电，对有关参数进行显示和报警，其信号流向辅助系统的车载信息显示系统，以便驾驶员随时掌握并配合其操作，按需要及时对动力电池充电并进行维护保养。

车载充电机是把电网供电制式转换为对动力电池充电要求的制式，即把交流电转换为相应电胜的直流电，并按要求控制其充电电流。

辅助动力源一般为 12V 或 24V 的直流低压电源，它主要给动力转向、制动力调节控制、照明、空调、电动窗门等各种辅助州电装置提供所需的能源。

3. 传动系统

因为电动机具有良好的牵引特性，所以纯电动汽车的传动系统不需要离合器和变速器。汽车的车速由控制器的调速系统调节，汽车的前进和倒退由控制器控制电机的正反转即可。传动系统在这里主要有两个作用：

(1) 减速

通过减速齿轮将电机的转速降低为车轮转速。

(2) 差速

通过差速器使左、右驱动轮实现以不同转速转动。

4. 行驶系统

行驶系统和燃料汽车相似，主要包括车架、车桥、车轮和悬架等。

电动汽车行驶系统的作用是接收电动机经传动系统传来的转矩，并通过驱动轮和路面间的附着作用，产生路面对电动汽车的牵引力，以确保整车正常行驶。此外，它应尽可能缓和不对路面不平面对车身造成的冲击和振动，确保电动汽车正常行驶。

5. 转向系统

电动汽车转向系统的作用是保持或改变电动汽车的行驶方向，它包括转向操纵机构、转向盘、转向器和转向传动机构组成，同燃料汽车相似。目前大多车型使用动力转向系统。

6. 制动系统

制动系统是电动汽车装备的全部制动与减速系统的总称，它的作用是使行驶中的电动汽车降低速度或停止行驶，或使已经停驶的电动汽车保持不动。电动汽车上的制动力来自两个方面，一个是在制动时电动机转换为发电机形成的阻力，另一个是制动片对制动盘形成的阻力。在制动时，电脑控制两个方面的助力分配，使汽车能够保障制动效果的同时，最大程度的把汽车的制动力转换成电能。

7. 车身

车身是电动汽车用来载人装货的部分，也指车辆整体。有的车辆的车身既是驾驶员的工作场所，又是容纳乘客和货物的场所。车身包括车窗、车门、驾驶舱、乘客舱、发动机舱和行李舱等。

8. 电气设备

电动汽车电气设备主要包括蓄电池、照明灯具、仪表、音响装置、刮水器、电动天窗、电动车窗、电动座椅、倒车影像、巡航等。

9. 整车控制器

整车控制器根据驾驶员输入的加速踏板和制动踏板的信号，向电机控制器发出相应的控制指令，则电机进行启动、加速、减速、制动控制。在纯电动汽车减速和下坡滑行时，整车控制器配合电源系统的电池管理系统进行发电回馈，使动力蓄电池反向充电。

整车控制器还对动力蓄电池充放电过程进行控制。对于与汽车行驶状况有关的速度、功率、电压、电流及有关故障诊断等信息还需传输到车载信息显示系统进行相应的数字或模拟显示。

另外，整车控制器还具有控制电动汽车的灯光、雨刷、电动车窗等电气设备的功能。

二、电动汽车工作原理

典型纯电动汽车原理如图 1-1-3 所示。驾驶员将操纵信息（加速踏板、制动踏板、档位开关）传输给整车控制器，整车控制器通过总线网络将信息传给电机控制器，从而使高压电力从动力电池通过电机控制器驱动电机运转，再通过减速机构将动力传给车轮。

电池管理系统时刻监控电池性能，并把信息传递给车载信息显示单元，或驱动电池组内部电源断电或冷却系统工作。高压的动力电池经过 DC-DC 将高压电转化成低压电，存储在辅助电池中，辅助电池向辅助电气设备供电。当动力电池亏电时，电网电力通过车载充电机为其充电。

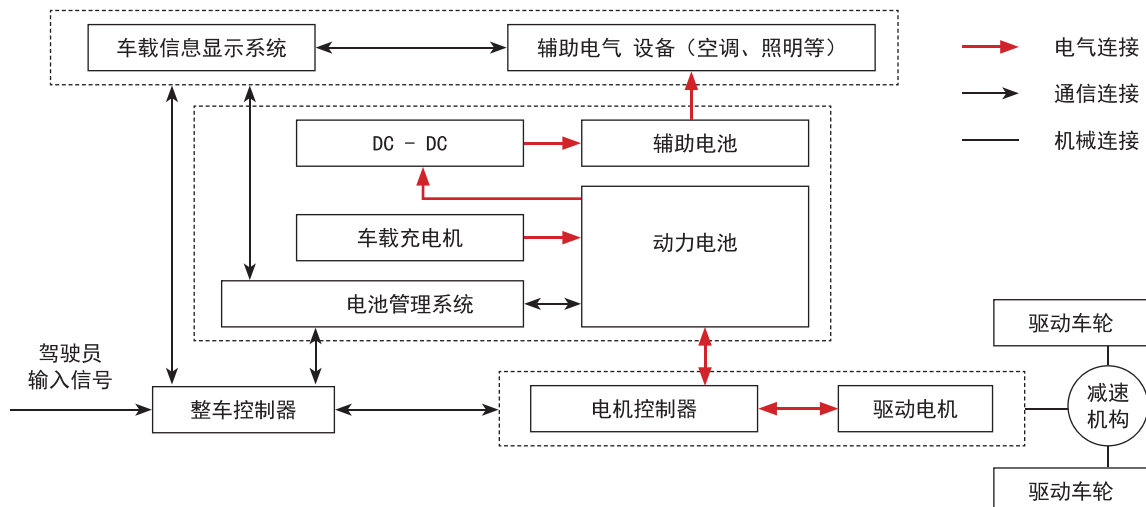


图 1-1-3 纯电动汽车工作原理



第二节 纯电动汽车驱动系统布置形式

纯电动汽车驱动系统布置形式是指驱动轮数量、位置以及驱动电机系统布置的形式。电动汽车的驱动系统是电动汽车的核心部分，其性能决定着电动汽车行驶性能的好坏。电动汽车的驱动系统布置取决于电机驱动方式，可以有多种类型。电动汽车的驱动方式主要有后轮驱动、前轮驱动和四轮驱动。

一、后轮驱动方式

后轮驱动方式是传统的布置方式，适合中高级电动轿车和各种类型电动客货车，有利于车轴负荷分配均匀，汽车操纵稳定性、行驶平顺性较好。

后轮驱动方式主要有传统后驱动布置形式、电机 - 驱动桥组合后驱动布置形式、电机 - 变速器一体化后驱动布置形式、轮边电机后驱动布置形式、轮毂电机后驱动布置形式等。

1. 传统后驱动布置形式

传统后驱动布置形式如图 1-2-1 所示，它与传统内燃机汽车后轮驱动系统的布置方式基本一致，带有离合器、变速器和传动轴，驱动桥与内燃机汽车驱动桥一样，只是将发动机换成电机。变速器通常有 2 ~ 3 个挡位，可以提高电动汽车的启动转矩，增加低速时电动汽车的后备功率。这种布置形式一般用于改造型电动汽车。

2. 电机 - 驱动桥组合后驱动布置形式

电机 - 驱动桥组合后驱动布置形式如图 1-2-2 所示。它取消了离合器、变速器和传动轴，但具有减速差速机构，把驱动电机、固定速比的减速器和差速器集成为一个整体，通过 2 个半轴来驱动车轮。此种布置形式的整个传动长度比较短，传动装置体积小，占用空间小，容易布置，可以进一步降低整车的重量；但对电机的要求较高，不仅要求电机具有较高的启动转矩，而且要求具有较大的后备功率，以保证电动汽车的启动、爬坡、加速超车等动力性。

一般低速电动汽车采用这种布置形式。

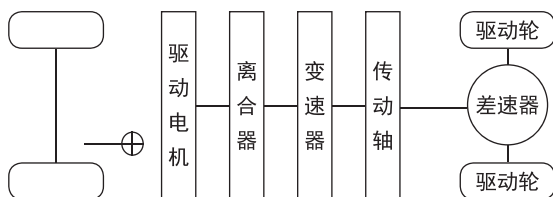


图 1-2-1 传统后驱动布置形式

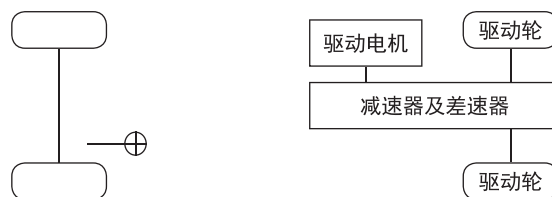


图 1-2-2 电机 - 驱动桥组合后驱动布置形式

电机 - 驱动桥组合后驱动布置形式采用的驱动桥与内燃机汽车驱动桥不同，需要电动汽车专用后驱动桥，如图 1-2-3 所示。

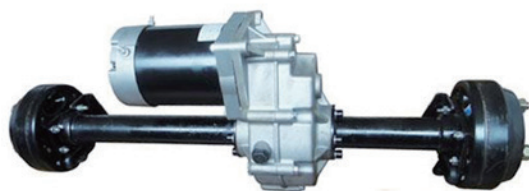


图 1-2-3 电动汽车专用后驱动桥

3. 电机 - 变速器一体化后驱动布置形式

电机 - 变速器一体化后驱动布置形式如图 1-2-4 所示，相比单一的电机驱动系统，一体化驱动系统可以综合协调控制电机和变速器，最大限度地改善电机机输出动力特性，增大电机转矩输出范围，在提升电动汽车的动力性的同时，使电机最大限度地工作在高效经济区域内。变速器一般采用2挡自动变速器。

4. 轮边电机后驱动布置形式

轮边电机后驱动布置形式如图 1-2-5 所示，轮边电机与减速器集成后融入驱动桥上，采用刚性连接，减少高压电器数量和动力传输线路长度；优化后的驱动系统可降低车身高度、提高承载量、提升有效空间。

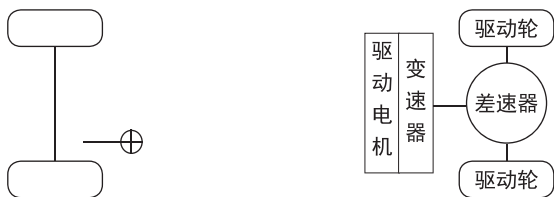


图 1-2-4 电机 - 变速器一体化后驱动布置

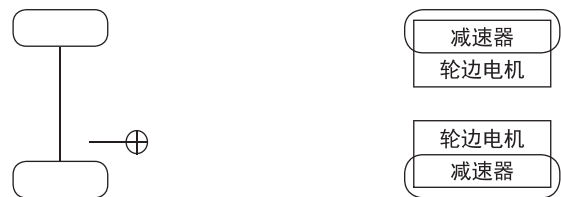


图 1-2-5 轮边电机后驱动布置形式

5. 轮毂电机后驱动布置形式

轮毂电机后驱动布置形式如图 1-2-6 所示，轮毂电机直接安装在车轮上，此时，轮毂是电机的转子，羊角轴承做是定子。

这种布局大大减少了零部件数量和动力系统的体积，让车辆的动力系统变得更加简单，大大提高了车内空间的实用性和利用率。

每个车轮独立的轮毂电机相比一般电动汽车，也省掉了传动半轴和差速器等装置，同样节省了大量空间且传动效率更高。

可以根据需要在车辆上灵活布置电池组及辅助蓄电池、电机控制器、充电机等。从另一个方面来看，在满足目前空间需求的前提下，使用轮毂电机驱动的车辆在体积上可以变得更加小巧。同时，独立的轮毂电机在驱动车辆方面灵活性更高，能够实现传统车辆难以实现的功能或驾驶特性。

轮边电机和轮毂电机在原理上可以实现任何一种驱动行式，但由于成本过高，目前还没有厂家推出量产车，更多的是作为试验车或改装车存在。



图 1-2-6 轮毂电机后驱动布置形式

二、前轮驱动形式

前轮驱动纯电动汽车结构紧凑，有利于其他总成的安排，在转向和加速时行驶稳定性较好；前轮驱动兼转向，结构复杂，上坡时前轮附着力减小，易打滑。前轮驱动方式适合于中级及中级以下的电动轿车。

前轮驱动方式主要有电机 - 驱动桥组合前驱动布置形式、电机 - 变速器一体化前驱动布置形式、轮边电机前驱动布置形式、轮毂电机前驱动布置形式等。

1. 电机 - 驱动桥组合前驱动布置形式

电机 - 驱动桥组合前驱动布置形式如图 1-2-7 所示。

电机 - 驱动桥组合前驱动布置形式需要电动汽车专用前驱动桥，如图 1-2-8 所示。

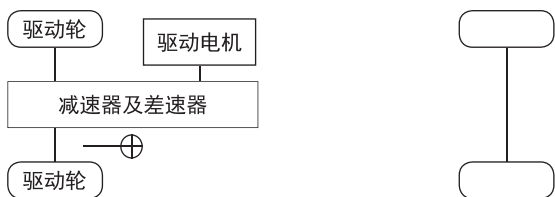


图 1-2-7 电机 - 驱动桥组合前驱动布置形式



图 1-2-8 电动汽车专用前驱动桥

2. 电机 - 变速器组合前驱动布置形式

电机 - 变速器组合前驱动布置形式如图 1-2-9 所示，变速器可用 2 挡自动变速器。

3. 电机 - 变速器一体化前驱动布置形式

电机 - 变速器一体化前驱动布置形式图 1-2-10 所示。

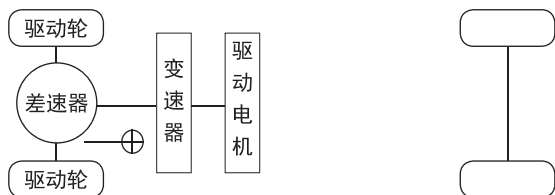


图 1-2-9 电机 - 变速器组合前驱动布置形式



图 1-2-10 电机 - 变速器一体化前驱动布置形式

4. 轮边电机前驱动布置形式

轮边电机前驱动布置形式如图 1-2-11 所示。

5. 轮毂电机前驱动布置形式

轮毂电机前驱动布置形式如图 1-2-12 所示。

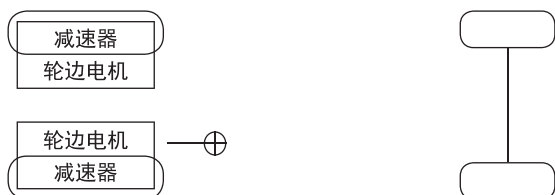


图 1-2-11 轮边电机前驱动布置形式



图 1-2-12 轮毂电机前驱动布置形式

三、四轮驱动方式

四轮驱动适合要求动力性强的电动轿车或城市 SUV，与四轮驱动内燃机汽车相比，四轮驱动纯电动汽车能够取消部分传动零件，提高空间的利用率和动力的传递效率。

四轮驱动方式主要采用轮边电机或轮毂电机方式。轮边电机四轮驱动布置形式如图 1-2-13 所示，轮毂电机四轮驱动布置形式如图 1-2-14 所示。

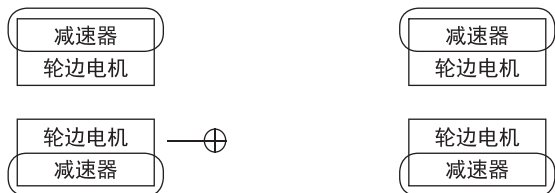


图 1-2-13 轮边电机四轮驱动布置形式



图 1-2-14 轮毂电机四轮驱动布置形式

电机四轮驱动可以极大地节省空间，并且每个车轮都是一个独立的动力单元，因此能够实现对每一个车轮进行精准的转矩分配，反应更快、更直接，效率更高，这是目前传统四轮驱动汽车无法做到的。轮边电机和轮毂电机驱动布置形式是纯电动汽车驱动系统布置形式的发展趋势。



第三节 纯电动汽车特点

一、优点

纯电动汽车与内燃机汽车相比，具有以下优点。

1. 零排放

纯电动汽车使用电能，在行驶中无废气排出，不污染环境。

2. 能源效率高

电动汽车的能源效率已超过汽油机汽车，特别是在城市中运行，汽车走走停停，行驶速度不高，电动汽车更加适宜。电动汽车停止时不消耗电能，在制动过程中，电机可自动转化为发电机，实现制动减速时能量的再利用。

3. 结构简单

因使用单一的电能源，省去了发动机、变速器、油箱、冷却和排气系统等，所以结构较简单。

4. 噪声低

电动汽车无内燃机产生的噪音，电机噪声也较内燃机小。

5. 节约能源

电动汽车的应用可有效地减少对石油资源的依赖。向蓄电池充电的电力可以由煤炭、天然气、水力、核能、太阳能、风力、潮汐等能源转化。除此之外，如果夜间向蓄电池充电，还可以避开用电高峰，有利于电网均衡负荷，减少费用。

6. 有利于汽车智能化发展

由于汽车搭载高压电源，可以大范围的缩小用电设备的体积，在汽车有限的空间内实现更有利实现汽车智能化的发展。

电动汽车是智能技术最好的载体。对于新能源汽车而言，已不能仅仅停留在研究电池、电机、电控等关键零部件上，还需要高度关注信息化、智能化的发展，进入智能化的 2.0 时代。例如无人驾驶技术，就是在电动汽车上发展起来的。

二、缺点

纯电动汽车与内燃机汽车相比，具有以下缺点。

1. 续驶里程较短

目前电动汽车尚不如内燃机汽车技术完善，尤其是动力蓄电池的寿命短。使用成本高，储能量小，一次充电后续驶里程较短。

2. 成本高

目前，纯电动汽车主要采用锂离子蓄电池，成本较高。

3. 安全性

锂离子蓄电池的安全惟有待进一步提高。

4. 配套不完善

电动汽车的使用还远不如内燃机汽车使用方便。还需加大配套基础设施的建设。

随着电动汽车技术的突破，特别是动力蓄电池容量和循环寿命的提高，以及价格的降低，电动汽车的推广使用一定会得到大的发展。

第2章

高压安全及高压传输系统



1. 理解电动汽车的高压保护措施
2. 掌握电动汽车的高压安全操作规范
3. 掌握电动汽车高压传输路线
4. 掌握电动汽车高压配电箱结构原理
5. 掌握电动汽车高压互锁意义及原理
6. 掌握常见电动汽车高压传输路线组成、检测



第一节 高压安全操作与防护

一、人体触电方式

人体触电一般可分为直接接触触电即人体直接接触及或过分靠近正常带电体导致的触电和间接接触触电（指人体触及正常情况下不带电而故障情况下变为带电的设备外露导体引起的触电）两种主要触电方式。此外，还有高压电场、高频电磁场、静电感应、雷击等对人体造成的伤害。

1. 直接接触触电

人体直接接触及或过分靠近电气设备及线路的带电导体而发生的触电现象称为直接接触触电，单相触电、两相触电、电弧伤害都属于直接接触触电。

(1) 单相触电

当人体直接接触带电设备或线路的一相导体时，电流通过人体流入大地而发生的触电现象称之为单相触电。在日常工作和生活中（三相四线制），低压用电设备的开关、插销和灯头以及电动机、电熨斗洗衣机等家用电器，如果其绝缘损坏，带电部分裸露而使外壳、外皮带电，当人体碰触这些设备时，就会发生单相触电情况。如果此时人体站在绝缘板上或穿绝缘鞋，人体与大地间的电阻就会很大，通过人体的电流将很小，这时不会发生触电危险。

(2) 两相触电

人体同时触及带电设备或线路中的两相导体而发生的触电方式称为两相触电。发生两相触电时，电流由一根导线通过人体流至另一根导线，作用于人体上的电压等于线电压，若线电压为 380V，则流过人体的电流高达 268mA，这样大的电流只 0.186s 就可能致触电者死亡。

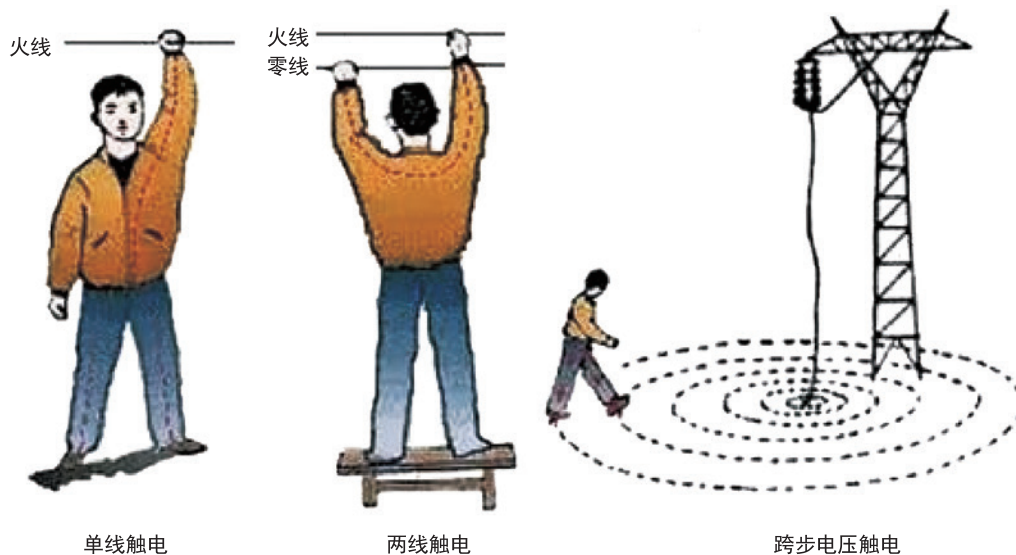


图 2-1-1

(3) 电弧伤害

电弧是气体间隙被强电场击穿时是流通过气体的一种现象；触电者将同时受电击和电伤。

2. 间接接触触电

当电气设备绝缘损坏而发生接地是不带电的。当电气设备绝缘损坏而发生接地短路故障(俗称“碰壳”或“漏电”)时,其金属外壳便带有电压,人体触及便会发生触电,此谓间接接触触电。通常所称的接触电压触电即是间接接触触电。

(1) 接触电压及接触电压触电

当电气设备因绝缘损坏而发生接地故障时,如人体的两个部分(通常是手和脚)同时触及漏电设备的外壳和地面,人体该两部分便处于不同的电位,其间的电位差即称为接触电压。

接触电压的大小,随人体站立点的位置而异。人体距离接地极越远,受到的接触电压越高。

(2) 跨步电压及跨步电压触电

电气设备发生接地故障时,在接地电流接地点周围电位分布区(以电流接地点为圆心,半径为20米的范围内)行走的人,其两脚将处于不同的电位,两脚之间(一般有的跨步约为0.8米)的电位差称之为跨步电压。

跨步电压触电是指高压电网搭铁点或防雷搭铁点及高压相线断落或绝缘随坏处,有电流流入地下时,强大的电流在搭铁点周围的土壤中产生电压降。如果误入搭铁点附近,应双脚并拢或单脚跳出危险区。从安全防护角度而言查找搭铁故障点时,应穿绝缘靴,以防跨步电压电击。

二、人体触电预防保护

1. 直接接触电击预防

直接接触电击预防技术分为绝缘、屏护和间距三类。

(1) 绝缘

绝缘物理学名词,指使用不导电的物质将带电体隔离或包裹起来,以对触电起保护作用的一种安全措施。良好的绝缘对于保证电气设备与线路的安全运行,防止人身触电事故的发生是最基本的和最可靠的手段。绝缘通常可分为气体绝缘、液体绝缘和固体绝缘三类。在实际应用中,固体绝缘仍是最为广泛使用,且最为可靠的一种绝缘物质。

有强电作用下,绝缘物质可能被击穿而丧失其绝缘性能。在上述三种绝缘物质中,气体绝缘物质被击穿后,一旦去掉外界因素(强电场)后即可自行恢复其固有的电气绝缘性能;而固体绝缘物质被击穿以后,则不可逆地完全丧失了其电气绝缘性能。

因此,电气线路与设备的绝缘选择必须与电压等级相配合,而且须与使用环境及运行条件相适应,以保证绝缘的安全作用。此外,由于腐蚀性气体、蒸气、潮气、导电性粉尘以及机械操作等原因,均可能使绝缘物质的绝缘性能降低甚至破坏。而且,日光、风雨等环境因素的长期作用,也可以使绝缘物质老化而逐渐失去其绝缘性能。

各种线路与设备在不同条件下所应具备的绝缘电阻大致如下:

一般情况下,新装或大修后的低压不应低于 $100\text{M}\Omega$;运行中的低压线路与设备,其绝缘电阻不应低于 $3\text{M}\Omega/\text{V}$;在潮湿场合下的设备与线路,其绝缘电阻不应低于 $2.5\text{M}\Omega/\text{V}$;控制线中的绝缘电阻一般不应低于 $1\text{M}\Omega$,而高压线路与设备的绝缘电阻一般不应低于 $1000\text{M}\Omega$ 。

(2) 屏护

屏护安全措施是指采用遮栏、护罩、护盖、箱匣等设备,把带电体同外界隔绝开来,防止人体触及或接近带电体,以避免触电或电弧伤人等事故的发生。

屏护装置根据其使用时间分为两种:一种是永久性屏护装置,如配电装置的遮栏、母线的护网等;另一种是临时性屏护装置,通常指在检修工作中使用的临时遮栏等。屏护装置主要用在防护式开关电器的可动部分和高压设备上。为防止伤亡事故的发生,屏护安全措施应与其他安全措施配合使用。

(3) 间距

间距是指带电体与地面之间,带电体与其他设备和设施之间,带电体与带电体之间必要的安全距离。间距的作用是防止触电、火灾、过电压放电及各种短路事故,以及方便操作。其距离的大小取决于电压高低、设备类型、安装方式和周围环境等。

2. 电击防护工具

电击防护工具包括绝缘手套、绝缘靴、绝缘服、护目镜和绝缘工具。绝缘工具的选用要根据操作的高压范围确定,如图所示为绝缘手套、绝缘靴、绝缘服、护目镜和绝缘工具,如图2-1-2所示。

绝缘鞋：拆除及安装高压部件使用，具备电绝缘性，阻燃性等。

绝缘工具：拆除及安装高压部件使用



绝缘服：拆除及安装高压部件使用



护目镜：拆除及安装高压部件使用



图 2-1-2 电击防护工具

三、新能源纯电动汽车高压电气防护

在电动汽车上存在高压电，为了保证驾驶和维修安全，必须进行必要的电气防护。

防护措施主要有：高压正极和高压负极使用各自单独的专用高压线；插头和连接均有接触保护；动力电池上有可控的高压正极接触点和高压负极接触点；动力电池上安装有维修开关在拔出维修开关后高压断电或电压下降；高压部件内的中间电容器通过自放电电阻放电；高压原件采用绝缘监控以及高压插头互锁线。

1. 高压电气网络防护

电动汽车高压部分，电气网络的结构决定了从供电（动力电池）到用电器的电能传输路径，车辆中所有的高压电有单独的回路，与壳体绝缘，所以就不会有电流流经车身，而是流向动力电池的负极。如图 2-1-3 所示。

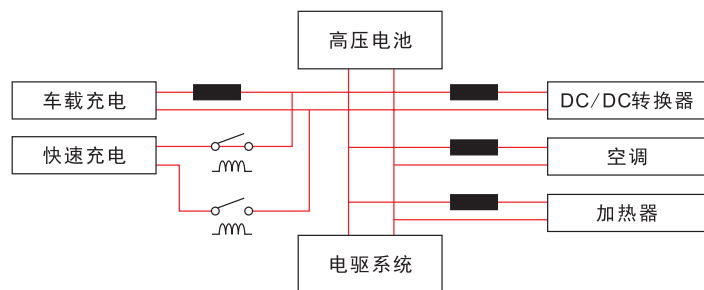


图 2-1-3 电动汽车高压电气网络

2. 高压电缆防护

高压正极与高压附近各自使用单独的高压电缆。高压正极和高压负极通过各自单独的导线与高压部件相连接，车身不用打铁。电动车的高压电缆一般都是橙色的。单芯和双芯高压电缆结构如图 2-1-4 所示。

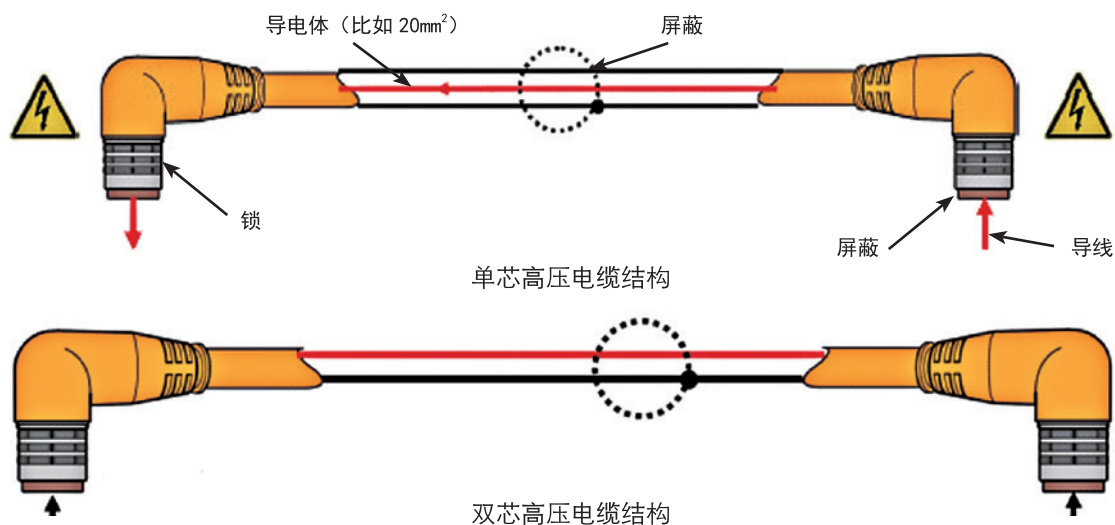


图 2-1-4 电缆结构

3. 插头的接触和插座的接触保护

电动车型高压插头和插座都具有特殊的结构形式。某电动车型高压插头的结构如图 2-1-5 所示。

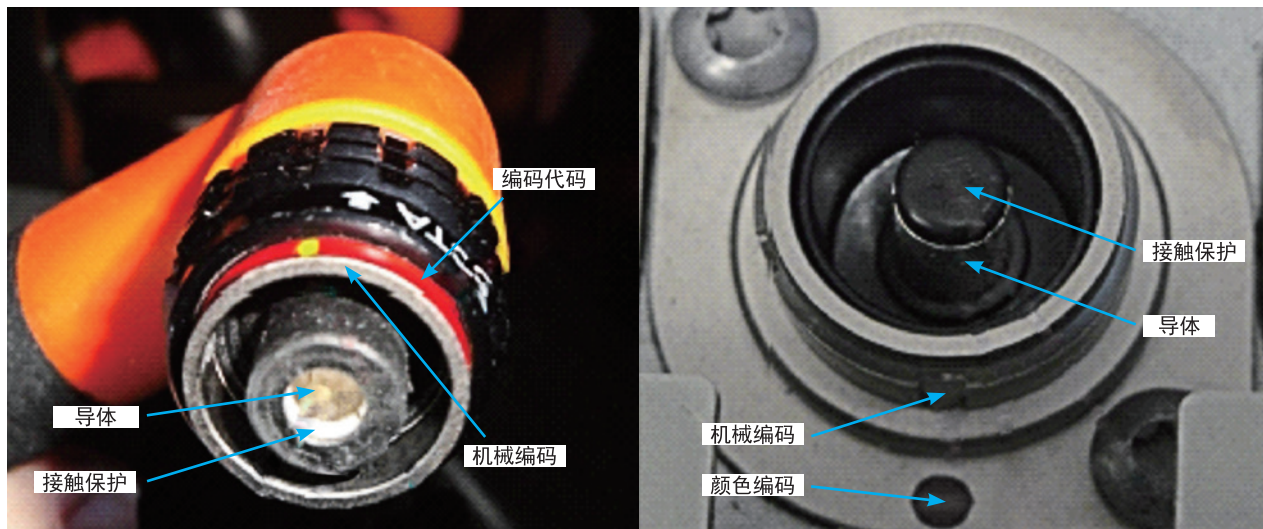


图 2-1-5 电动车型高压插头和插座

4. 维修开关

在维修时，为了安全，需要把电源断开，电动汽车都安装有维修开关。

5. 高压互锁

当高压插头断开后，为了避免出现安全事故，会将电源断开。因此，在高压插头上安装有插头断开的检测装置，即为高压互锁装置。

6. 高压直流继电器

高压直流继电器（如图 2-1-6 所示）是一种控制元件，实际上是一种电路开关并带保护性质，是新能源汽车核心元件。主要功能是用低电压远程控制高电压电路通断的开关（用安全低电压 12V ~ 72V 控制不安全的高电压 300V ~ 1000V）。

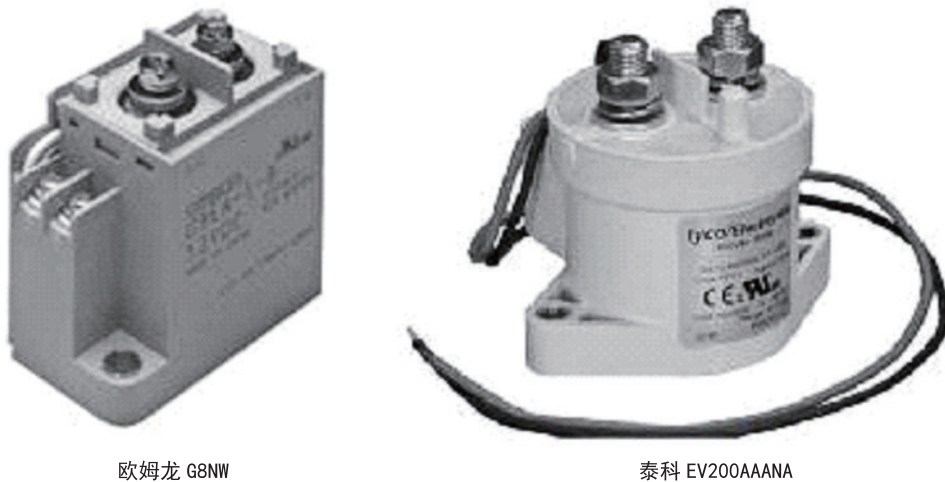


图 2-1-6 高压直流继电器

6. 电容器及放电电阻

在电机控制器（MCU）或功率电子转换装置内安装有电容器和放电电阻，当车辆停车关闭点火开关后，电动汽车管理系统会操控放电电阻作为电容器的负载消耗电容器内部高压电和导线上残余的高压电，所以我们在对车辆进行维修时需要在关闭电火开关后等待 5-10 分钟，等待高压放电完成后，才可以对高压系统进行检修。如图 2-1-7 所示。

7. 高压系统绝缘监控

(1) 绝缘监控方法

高压电池本身带有电能，其绝缘检测属于是对带电体的检测，一般通过检测电池正对地、负对地的绝缘电阻来判断绝缘性能。

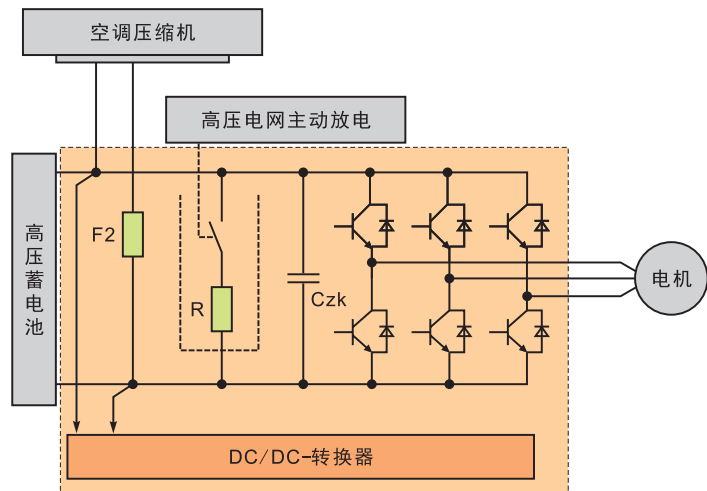


图 2-1-7 电容器及放电电阻

根据 GB/T18384.1-2015 的定义，高压电池系统属于 B 级电压（最大工作电压大于 30VAC、小于等于 1000VAC（RMS），或大于 60VDC、小于等于 1500VDC）。高压电池系统的电气安全直接关系到人员生命，绝缘失效会造成高压对人体的直接伤害，因此绝缘电阻的检测是至关重要的设计环节。

一般有两种绝缘监控方式：一是信号注入法，另一种是电阻测量法。信号注入是对电池系统注入一定频率的直流电压信号，测量反馈的直流信号计算绝缘电阻，注入的信号对电池系统会产生纹波干扰，影响系统正常工作。而电阻测量法采用外接电阻，测量精度相对较低，需要考虑检测精度。

(2) 电动汽车高压系统绝缘性能检测原则

一般测量绝缘首先应保证测量者安全，测量者须配戴好有一定安全等级，符合国家相关标准要求的防护用品（防护用品通常有使用年限要求），如安全帽、安全手套、绝缘鞋等。同时测量者不得佩戴金属饰物，如手表、戒指、项链等，工作服衣袋内不得有金属物件，如钥匙、金属壳笔、手机、硬币等。

(3) 电动车绝缘检测操作条件

检测前须保证电路线束已经不带电，最可靠的方法是测量前使用放电工装进行放电，放单工装如图 2-1-8 所示，并使用专用万用表进行验电操作，确认高压系统无电后再进行绝缘检测。测量仪器目前选用 FLUKE1587C 型兆欧表如图 2-1-9 所示。

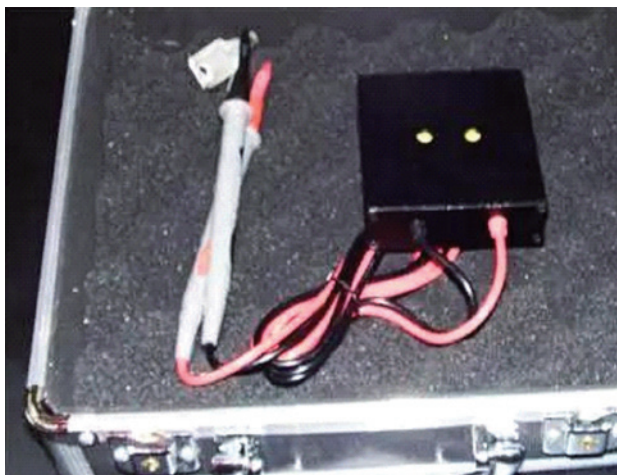


图 2-1-8 放电工装



图 2-1-9 FLUKE1587C 型兆欧表

(4) 以北汽 EV200 为例讲解高压系统绝缘性能检测步骤及注意事项

1) 作业前必须确认汽车附近已经放置了警示牌(车顶位置比较醒目)确认驻车制动处于拉紧位置,点火钥匙处于“OFF”档。

2) 用专用工具拆卸蓄电池负极。注意:拆卸后必须将负极电缆接头及负极极桩缠绕绝缘胶带,避免两者相互接触如图 2-1-10 所示。

3) 正确拆卸动力电池高压维修开关。注意:拆卸后要封闭接口,以免杂物进入,且拆下的维修开关切勿随意摆放,要妥善保管。

4) 举升车辆,并做到“锁、稳、平”。“锁”是指升高到位后锁好保险装置;“稳”是指上升、下降过程必须平稳;“平”是指水平,车身倾斜会造成车子重心偏离,在作业时容易发生滑移倾覆事故,如图 2-1-11 所示。



图 2-1-10



图 2-1-11

5) 正确规范拆拔各高压部件线束连接器。拆拔高压线束连接器前首先将安全锁止机构解除,动力电池插接器有三道锁,第一道在最下部,是个拨片,将其拨出,听到“咔”响声为解锁成功。第二、三道锁在两侧和下部,两边锁扣用一只手按住,下方锁扣用另一只手的大拇指或食指按住后,两只手一起用力向外拔即可。向外拔出时用力方向要垂直于结合面,可轻微摇动,但幅度不能过大。安装时,首先保证最后两道保险锁全部到位,必须能听到“咔”的响声,最后按上拨片,若拨片不能按到位,说明前两道锁没有锁到位。

6) 各高压部件及线束的绝缘性能检测。使用 FLUKE1587C 型兆欧表测量各高压部件及线束的绝缘值时, 首先使用放电器对正、负极端子进行放电(若无放电器, 则需静置 10 分钟以上)。表 2-1-1 为各高压部件绝缘阻值检验执行标准。

7) 高压部件绝缘性能检测具体步骤如下。

动力电池端正、负极绝缘性检测: 黑表笔接于车身, 红表笔逐个测量动力电池输出插座的正、负极如图 2-1-12 所示。

动力电池线束端正、负极输出绝缘性检测: 黑表笔接于车身, 红表笔逐个测量输出插头的正、负极如图 2-1-13 所示。

表 2-1-1 各高压部件绝缘阻值检验执行标准

测量对象	标准参数
动力电池端正、负极输出端子	大于 500M Ω
动力电池线束端正、负极输出端子	大于 500M Ω
车载充电机正、负极	大于 20M Ω
空调压缩电机正、负极	大于 20M Ω
PTC 正、负极	大于 500M Ω
电机控制正、负极	大于 20M Ω

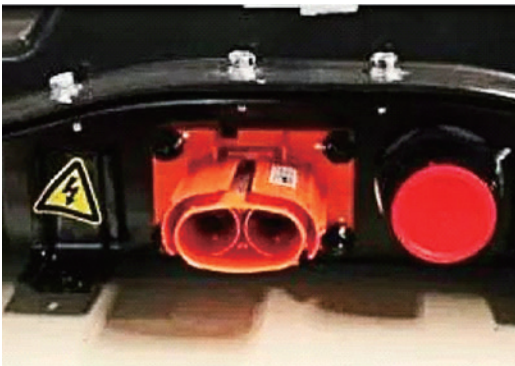


图 2-1-12



图 2-1-13

车载充电机正、负极绝缘性检测: 黑表笔接于车身, 红表笔逐个测量高压盒 11 芯插头的正 (E)、负 (F) 极。

DC/DC 正、负极绝缘性检测: 黑表笔接于车身, 红表笔逐个测量高压盒 11 芯插头的正 (A)、负 (G) 极如图 2-1-14。

空调压缩电机正、负极绝缘性检测: 黑表笔接于车身, 红表笔逐个测量高压盒 11 芯插头的正 (C)、负 (H) 极。

PTC 正、负极绝缘性检测: 黑表笔接于车身, 红表笔逐个测量高压盒 11 芯插头的 B 极 (正)、D 极 (A 组负极)、J 极 (B 组负极)。



图 2-1-14

8) 注意事项

测试前必须对兆欧表进行校零; 必须准确报出仪表显示的绝缘值, 绝缘值的读取需要等待仪表数值稳定后方可报告, 切勿贪图速度, 敷衍了事。在维修电气设备和相关系统中, 电气绝缘性能是一个很重要的指标, 对于绝缘电阻检测不合格的部件, 必须进行更换直至测试通过, 否则不能进行下一步的维修与保养。

四、电动汽车维修安全操作规程

纯电动汽车 (EV) 以动力蓄电池组作为唯一动力源,以驱动电机作为唯一动力驱动装置。动力电池(蓄电池)工作电压高达几百伏,当发生高压电路绝缘失效或短路等故障时,会直接影响驾乘人员的生命财产以及车载用电器的安全。电动车辆的维修人员需要具备一定的资质,遵守一定的安全操作规程。

1. 维修高压车辆人员资质

据国家 GB 5306-1985《特种作业人员安全技术考核管理规则》,汽车 4S 店从业人员、新能源汽车从业人员都必须经过厂家或者参加电动汽车高压系统维修相关专业的技能培训,并且掌握新能源汽车必要的电工操作技能,熟知安全知识,才能从事专业技术性及安全性极强的新能源汽车工作(如图 2-1-15 所示)。



图 2-1-15 特种作业操作证

2. 高压技术人员的主要工作

高压技术人员的主要工作有断开高压系统供电并检查是否已绝缘;严防高压系统重新合闸;将高压系统接通投入使用;对高压系统上的所有作业负责;培训和指导修理厂和 4S 店内部所有与高压系统车辆相关人员,使得这些人员在监督下执行高压工作。

3. 车辆标识和工作区安全

维修车间内配备有高压装置的车辆,必须做上标识。使用专用的警示牌,工作区必须防止其他人员进入。某电动车辆维修工作区如图 2-1-16 所示。



图 2-1-16 电动车辆维修工作区

4. 高压维修操作流程

在检查或维修高压系统时,请遵循以下安全措施:

- 1) 关掉点火开关,将钥匙妥善保管;
- 2) 戴好绝缘手套;
- 3) 断开低压电池负极端子;
- 4) 拆除维修开关;
- 5) 等待 5 分钟或更长时间等待高压电容完全放电;
- 6) 用放电工装进行验电,当被测物体有电时,灯会亮,无电则不亮。
- 7) 用绝缘乙烯胶带包裹被断开的高压线路插接器。

5. 作业前进行检查

(1) 绝缘手套

1) 绝缘手套的分类:

绝缘手套是用绝缘性良好的特种橡胶制成,即薄又柔软,并有足够的绝缘强度和机械性能,其规格有 12KV 和 5KV 两种。

12KV 是在 1KV 以上高压作业区进行操作时使用的辅助类安全用具，在 1KV 以下电压作业区可作基本安全用具（人体其他部位不能触及带电体）。

5KV 绝缘手套在 250V 到 1KV 电压作业区为辅助类安全用具，250V 以下作业区可做为基本安全用具使用，即使用该绝缘手套可直接在 250V 以下低压设备上作业，在 1KV 以上电压作业区严禁使用。

2) 绝缘手套好坏检查方法：

绝缘手套的检查方法由两手抓住绝缘手套的上口两侧，将手套朝手指方向卷曲，当卷到一定程度时，内部空气因体积减小压力增大，手指若鼓起为不漏气，即为良好。戴上手套应将外衣袖口放入手套伸长部分内。如图 2-1-17 所示。

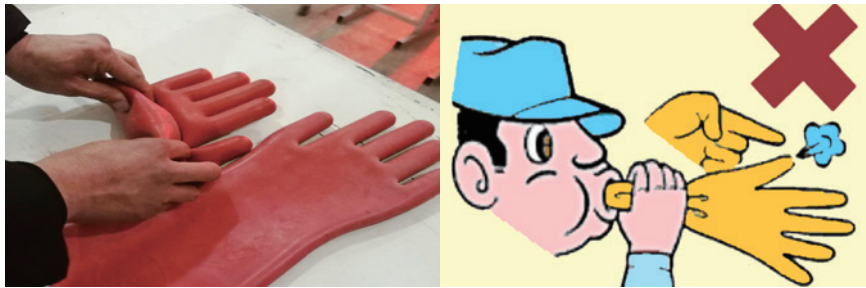


图 2-1-17 绝缘手套的检查方

3) 绝缘手套使用注意事项：

使用前，应根据所操作电压范围合理选择 12KV 或 5KV 的绝缘手套，并检查是否在有效期范围内。应进行外部检查，查看是否完好，表面无磨损、破漏、划痕等。若有粘胶破损或漏气现象，严禁使用。使用绝缘手套，不能抓拿表面尖利带刺的物品，以免受损伤。戴绝缘手套不应做非电气工作，也不能用医疗或化工用手套代替绝缘手套使用。绝缘手套使用后，应内外擦净，晾干再洒上一些滑石粉，以免粘连。绝缘手套不允许放在过冷、过热、阳光直射或有酸、碱药品的地方，以防胶质老化，降低绝缘性能。绝缘手套应每 6 个月实验一次。

(2) 绝缘帽

选择正确电压等级的安全绝缘帽，观察绝缘表面有无破损，监督人员和操作人员戴好绝缘帽。

(3) 绝缘鞋

选择正确电压等级的绝缘鞋。检查绝缘鞋的表面及鞋底有无破损。监督人员和操作人员穿好绝缘鞋。

(4) 护目镜

选择正确电压等级的护目镜。观察护目镜面有无破损、刮花。目镜的宽窄和大小要适合使用者的脸型。监督人员和操作人员戴好护目镜。

(5) 绝缘垫

要检查绝缘防护垫表面有无裂痕、砂眼、老化等现象，放置绝缘垫并用兆欧表检测绝缘性能，绝缘值大于 $500M\Omega$ 。

(6) 验电和放电

1) 验电操作步骤：

穿戴好防护用品，将万用表调至直流电压档，红表笔接高压接插件正极，黑表笔接高压接插件负极，待万用表显示电压为零为无电。

2) 断开动力蓄电池母线后，需要使用万用表对动力蓄电池的母线进行验电，如果母线有残余电荷，需用放电工装设备进行放电，确保动力蓄电池母线无电。

安全重于泰山，在维修新能源汽车之前一定要采取正确的安全防护措施。一般来说，完成了以上的几个步骤，才可以对新能源汽车高压电气系统进行维修。

当高压电气系统在维护或检修完成后，需由监护人检查确定能否上电。监护人要仔细检查电路是否符合要求，并且检查现场人员是否在安全距离，然后在专用检查单上签字确认，指挥供电。如果发生异常事故和火灾，现场操作人员应立即断开高压回路，其他人员立即使用干粉灭火器或黄沙扑救，严禁使用水剂灭火器。从事新能源维修必须持证上岗，才能有效防止人员伤亡，考证之前请你提前进入在线模拟测试，测试通过考证几率更大哦。



第二节 高压配电系统

一、高压系统概述

在电动汽车上，动力电池要向驱动电机、电动压缩机、PTC（半导体发热本体）等提供电力，同时低压电源的电能也是由高压电源通过 DC-DC 进行转化的，还有电网通过车载充电器向动力电池充电，向动力电池充电也可以采用直充的方式。所有这些部件及电缆就构成了高压系统，主要由动力电池、驱动电机、电机控制器、高压配电箱（PDU）、电动压缩机、DC/DC、车载充电机（OBC）、PTC（半导体发热本体）、高压线束、维修开关组成，其中动力电池、驱动电机、高压控制系统为纯电动汽车上的三大核心部件。高压部件它们中间的连接接口，都需要达到一定的防水和机械防护等级。并且高压部件应具有高压危险警告标识，以警示用户与维修人员在保养与维修时注意这些高压部件。

1. 动力电池包

与传统的燃油车不同，新能源电动车的整车动力来源是动力电池，而不是发动机。因为，纯电动汽车直接使用电能，不需传统燃油车一样，将燃料燃烧，将产生的排放物排进大气，也因此，为了减少环境污染，新能源汽车的发展是国家积极扶持的。

动力电池的电压一般为 100 ~ 400V 的高压，其输出电流能够达到 300A。动力电池的容量的大小直接影响到整车的续航里程，同时也直接影响到充电时间与充电效率。目前锂离子动力电池是主流，受目前技术的影响，当前绝大部的汽车均采用锂离子动力电池。如图 2-2-1 所示。



图 2-2-1 动力电池

2. 驱动电机与电机控制器 MCU

电机控制器 MCU 将高压直流电转为交流电，并与整车上其他模块进行信号交互，实现对驱动电机的有效控制如图 2-2-2。

驱动电机将电能转化为机械能，驱动汽车行驶。与传统燃油车的发动机将燃料燃烧的化学能转为机械能不同，其工作效率更高，能达到 85% 以上，故相比传统汽车，其能量利用率更高，能够减少资源的浪费，如图 2-2-3 所示。

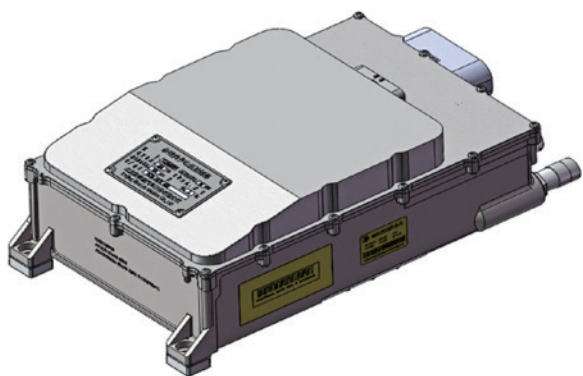


图 2-2-2 电机控制器 MCU

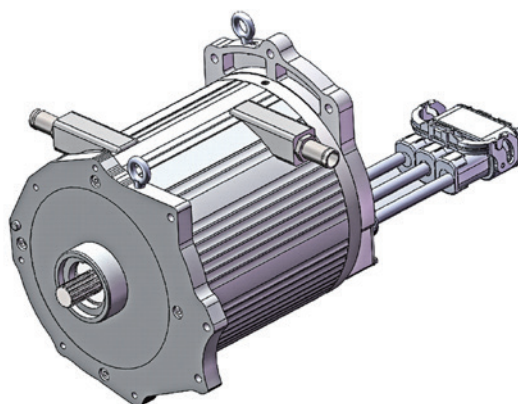


图 2-2-3 驱动电机

3. 车载充电器 OBC

OBC (On Board Charge) 是一个将交流电转为直流电的装置。因为电池包是一个高压直流电源，当使用交流电进行充电的时候，交流电不能直接被电池包进行电量储存，因此需要 OBC 装置，将高压交流电转为高压直流电，从而给动力电池进行充电。如图 2-2-4 所示。



图 2-2-4 OBC

4. DC-DC

在新能源汽车上，DC-DC 是一个将高压直流电转为低压直流电的装置。新能源汽车上没有发动机，整车用电的来源也不再是发电机和蓄电池，而是动力电池和蓄电池。由于整车用电器的额定电压是低压，因此需要 DC-DC 装置来将高压直流电转为低压直流电，这样才能够保持整车用电平衡。如图 2-2-5 所示。

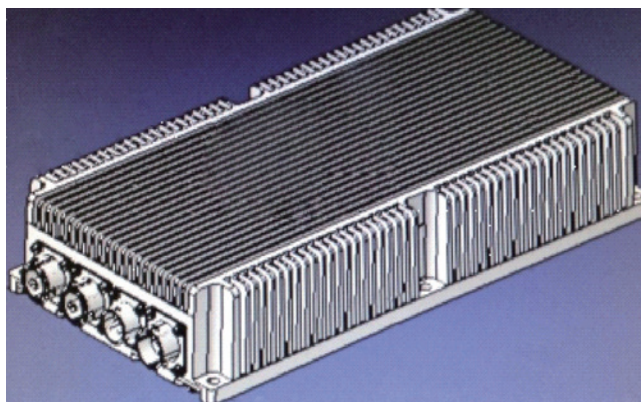


图 2-2-5 DC-DC

5.OBC 与 DC-DC 二合一控制器

受整车布置的影响，现在很多车将 OBC 和 DC-DC 两个部件合为一个部件，这个部件通常称为二合一控制器，它的作用实际上就是 OBC 与 DC-DC 两个部件的功能的组合。

6. 电动压缩机

传统车的压缩机是通过压缩机电磁离合器的吸合，促使发动机带动压缩机运转。电动车没有发动机，它的压缩机是通过高压电源直接驱动的。为了与传统车的压缩机区别，这里将电动车上的空调压缩机称为电动压缩机，如图 2-2-6 所示。

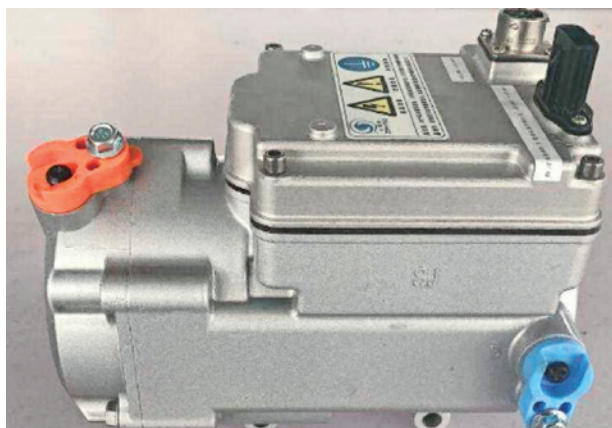


图 2-2-6 电动压缩机

7.PTC 加热器

传统车上空调暖风系统的热源是引入发动机冷却后的冷却液的热量，这个在新能源车上是不存在的，因此需要专门的制热装置，这个装置被称为空调 PTC，如图 2-2-7 所示。PTC (Positive Temperature Coefficient) 的作用就是制热。当低温的时候，电池包需要一定的热量才能正常工作，这时候需要电池包 PTC 给电池包进行预热。

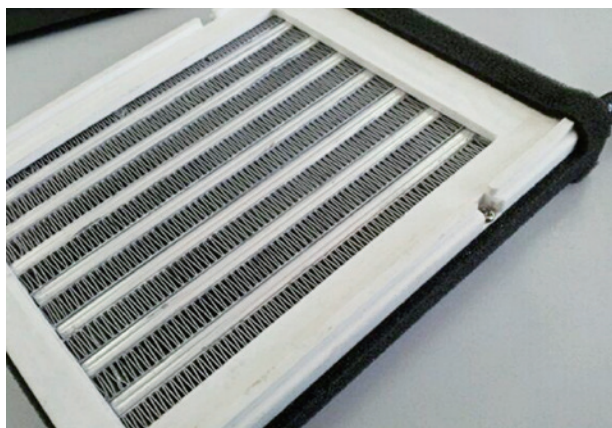


图 2-2-7 PTC

二、高压配电系统

高压配电系统是保证高压电力的传递及分配，并保证电力安全。主要由动力电池、高压配电箱 (PDU)、高压线束、维修开关组成。如图 2-2-8 所示。

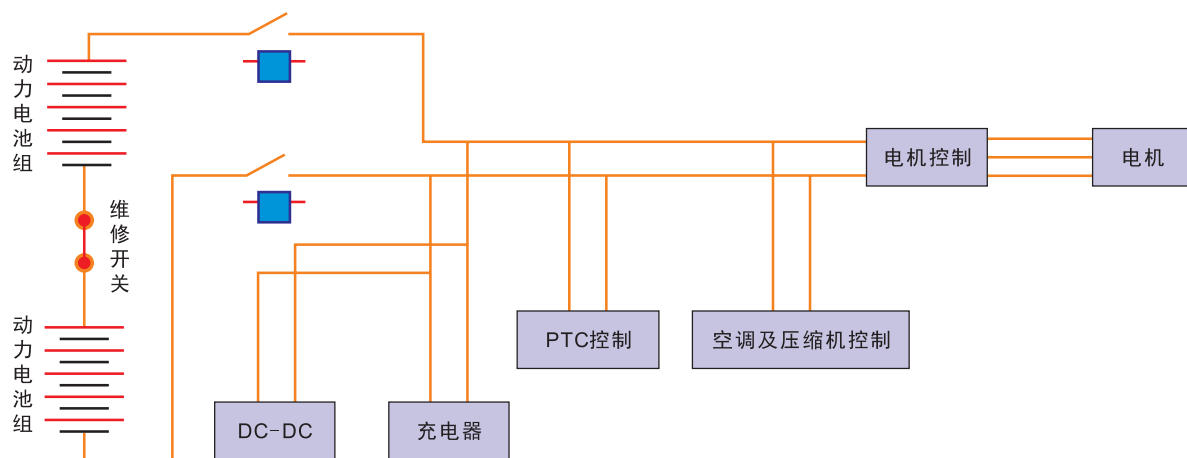


图 2-2-8 高压配电系统结构图

1. 高压连接系统

由高压线束和连接器构成。

汽车线束是汽车电路的网络主体，是汽车电路存在的载体，是车辆电器元件工作的桥梁和纽带，是车辆的电力和信号传输分配的神经系统。

高压线束可以根据不同的电压等级配置于电动汽车内部及外部线束连接，如图 2-2-9 所示。主要应用配电箱内部线束信号分配，高效优质地传输电能，屏蔽外界信号干扰。



图 2-2-9 电动汽车的高压线路连接

由于纯电动汽车线束包括低压线束与高压线束，为提示和警示用户和维修人员，高压线束应采用橙色线缆并用橙色波纹管对其进行防护，同时高压连接器也应标识为橙色，起到警示作用，如图 2-2-10 所示。



图 2-2-10 高压线束

DC/DC、充电机、风暖 PTC、直流充电口、动力电机、高压线束、维修开关、逆变器、动力电池、高压箱、电动空调、交流充电口等都需要用到高压插接器，如图 2-2-11 所示。高压插接器需要达到耐高低温、耐高压、防水、防腐蚀、机械性能好、绝缘性能好、接触电阻低等要求。

为了插接器有较好的防护性能，不同车型不同插接器有着不同的插接连接方法，在连接断开插接器时，一定要阅读相关维修手册，切记盲目断开和连接，以防损坏插接器。

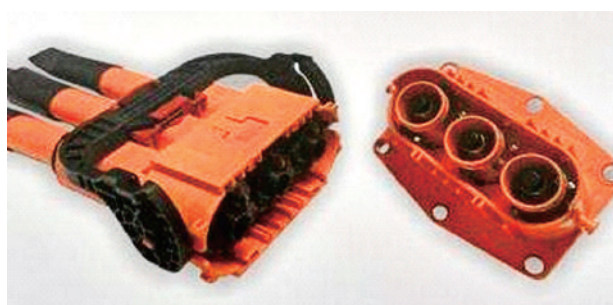


图 2-2-11 高压插接器

2. 高压配电装置

(1) 组成及高压电传输路径

高压配电箱是整车高压电的一个电源分配的装置，类似于低压电路系统中的电器保险盒。高压保险盒 PDU (Power Distribution Unit) 是由很多高压继电器，高压保险丝以及高压铜排组成，如图 2-2-12 所示。

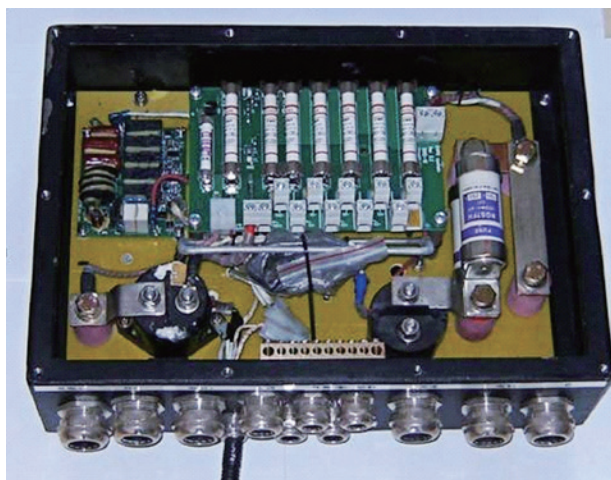


图 2-2-12 高压配电箱

当动力电池管理系统闭合动力电池内部高压直流继电器后，高压电沿着动力电池线束传输至高压盒，在高压配电箱内部通过并联的方式进行分配：

将高压电分配给电机控制器经过电机控制器逆变后变为三相电再传给驱动电机。

将高压电分配 DCD 后经过逆变成低压 12v 后充给铅蓄电池。

将高压电分配给空调压缩机控制器后经过逆变在传递给压缩电机。

将高压电分配给 PTC 控制器后再传递给 PTC 发热本体。

将 220 的交流电从充电口传输到车载充电机后经过升压传输给高压盒在高压盒内部并联入动力电池。

将三百多伏的直流电从快充口直接传输至高压盒后在内部并联入动力电池。

如图 2-2-13 所示。

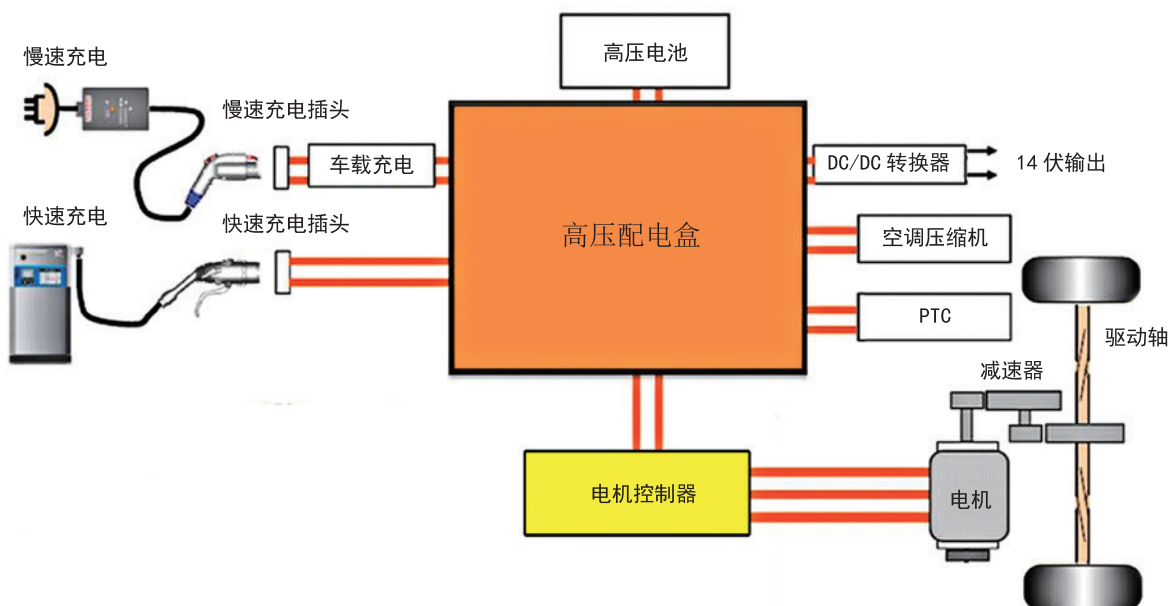


图 2-2-13 高压配电

(2) 高压直流继电器及工作原理

高压直流继电器一般安装在动力电池内部和高配电箱内部，如图 2-2-14 所示。

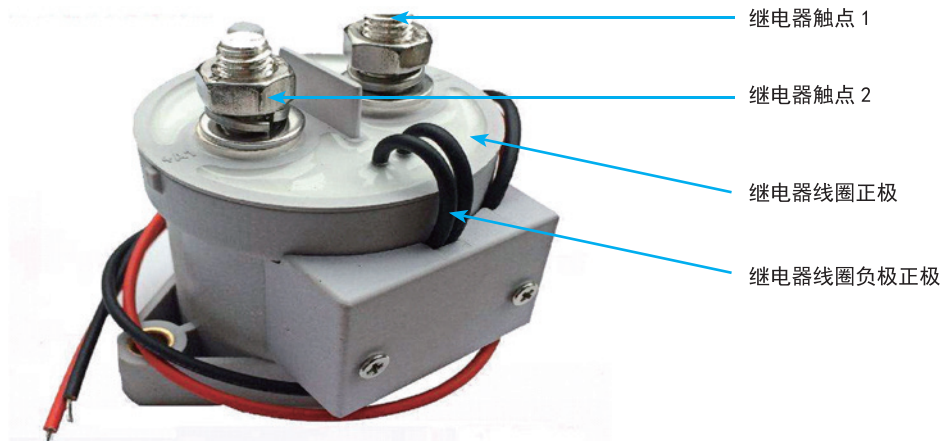


图 2-2-14 高压直流继电器

继电器线圈正极通入直流 12 伏正极，继电器线圈负极介入控制器由控制器控制负极搭铁使继电器线圈产生磁场，当磁场产生时就可以吸合继电器触点 1 和 2。

控制动力电池的电力输出高压直流继电器为主继电器有两个，分别控制动力电池的正极与负极的接通与断开。具有预充电回路保护设计的车型还需要一个预充高压直流继电器。

1) 点火开关控制原理

当打开点火开关后，旋转至 ON 档，整车控制器 VCU 被唤醒后 VCU 再唤醒动力电池管理系统(BMS)，电池管理系统初始化无故障后控制动力电池正极和负极继电器触点吸合将高压电传输至高压盒；当点火开关旋转至 ACC 档或 OFF 档后，整车控制器和电池管理系统的 ON 档唤醒信号消失，随后断开动力电池高压继电器。控制原理如图 2-2-15 所示。

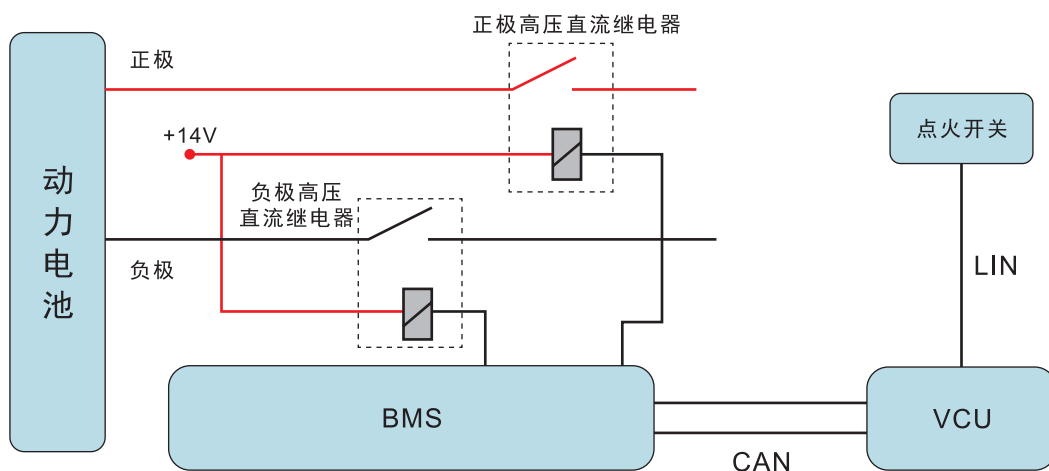


图 2-2-15 点火开关控制原理图

2) 具有预充电回路保护的继电器控制

因为高压设备控制器输入端存在大量的容性负载，直接接通高压主回路可能会产生高压电冲击，故为避免接通时的高压电冲击，高压系统需采取预充电回路的方式对高压设备进行预充电，原理如图 2-2-16 所示。

当点火开关打开后，预充直流高压继电器和负极直流高压继电器接通，使动力电池电力经过预充电电阻给系统供电。随后，正极直流高压继电器接通，为系统进行强电流供电，如此避免了高压电冲击。

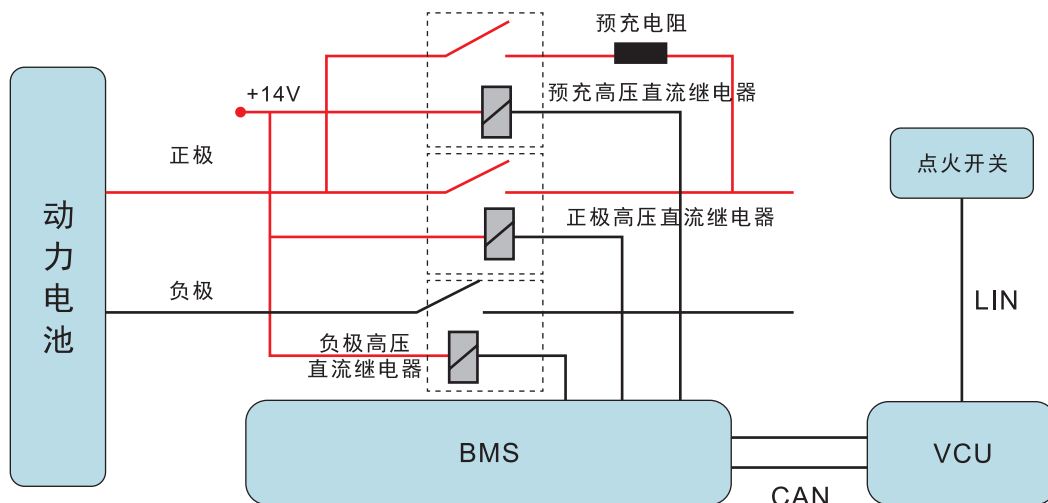


图 2-2-16 预充控制原理图

3) 充电时继电器接触与断开

当整车控制器 VCU 检测到充电桩接通并检测到充电桩与车载充电系统良好并电池容量不足时，接通两个主继电器。当 BMS 检测到电池容量满足时，主继电器断开，详细原理后续的充电系统将进行介绍。

4) 安全（互锁等）继电器接触与断开

由于全车高压插插件均采用高压互锁连接原理（高压互锁原理详见以下内容），在高压回路的插头处和高压控制器的开启盖上，加装了低压检测回路。一旦低压信号中断，说明某一个高压连接器或高压端盖有松动或者脱落，当互锁识别控制器收到此中断信号后，通过直接或间接的行式将信号传递给 VCU 或者 BMS，以此控制高压直流继电器断开全车高压电路。

5) 亏电时断开

由于全车所有电器和电池管理系统均采用低压控制高压的原理，当 DC-DC 出现故障时，铅蓄电池就会亏电从而导致动力电池的主继电器断开，切断高压电。

6) 故障（电池内部、电池外部）

当电池外部高压用电模块发生故障时如空调压缩机发生绝缘故障，短路故障时，整车控制器认为整车处于危险故障状态故而会发给动力电池管理系统高压下电指令，使其断开高压主继电器，停止高压输出。

当电池内部出现故障时如单体电芯过压、欠压、内部短路等故障时，动力电池管理系统为保护动力电池故而会切断动力电池的主继电器。

3. 维修开关

电动汽车都安装有维修开关，在维修时将插头拔下，保证维修时断开高压电。拔下维修开关，安全线就中断了，动力电池内部连接就断开了。某车型动力电池内部维修开关如图 2-2-17 所示。

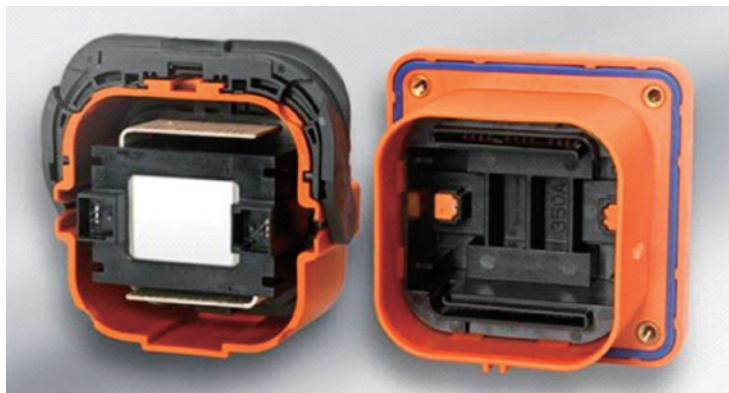


图 2-2-17

4. 互锁控制

高压系统的高压互锁

在 ISO 国际标准《ISO 6469-3: 2001 电动汽车安全技术规范第 3 部分：人员电气伤害防护》中，规定车上的高压部件应具有高压互锁装置，但并没有详细地定义高压互锁系统。

1) 什么是高压互锁

高压互锁，也指危险电压互锁回路（HVIL Hazardous Voltage Interlock Loop）：通过使用电气小信号，来检查整个高压产品、导线、连接器及护盖的电气完整性（连续性），识别回路异常断开时，及时断开高压电。

2) 高压互锁的原理

在高压回路的插头处和高压控制器的开启盖上，加装了低压检测回路，如图 2-2-18 所示。

一旦低压信号中断，说明某一个高压连接器或高压端盖有松动或者脱落，当互锁识别控制器收到此中断信号后，通过直接或间接的行驶将信号传递给 VCU 或者 BMS，以此控制高压直流继电器断开全车高压电路。

高压互锁技术的实现，需要如下设备共同完成：高压互锁连接器及高低压导线，闭合的低压电源信号周转回路，高压互锁监测回路及监测器（监测模块可以在电池管理系统 BMS 上，也可以在整车控制器 VCU 上，或者二者分别具备监测功能），直接受高压互锁监测信号控制的高压继电器（如果有），VCU 根据高压互锁监测结果控制的高压继电器。

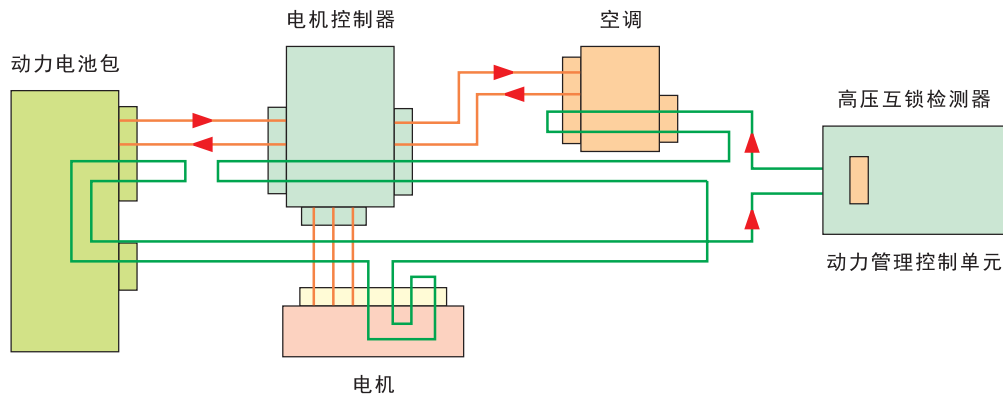
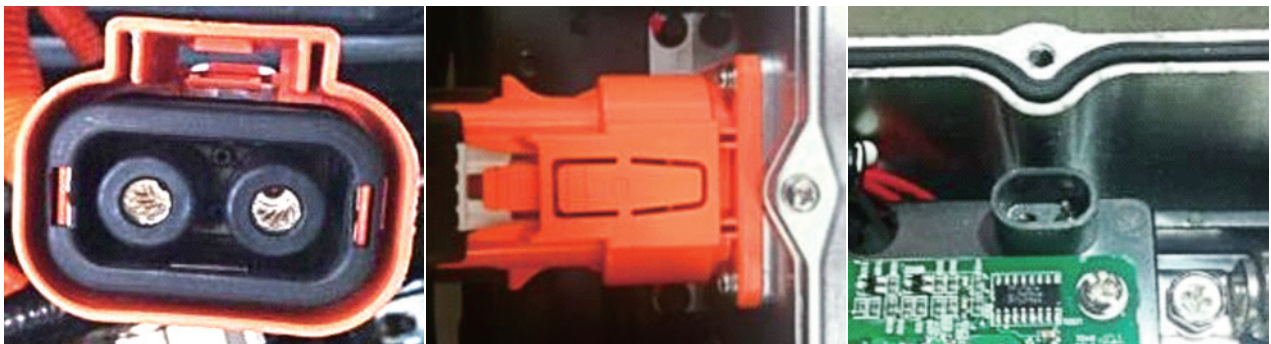


图 2-2-18

3) HVIL 连接器的工作原理

具备高压互锁功能的高压连接器，由壳体、高压导电件、低压信号导电件和监测器及监测线路共同组成。高压互锁连接器，一般实现方式是，对插的一对公头、母头上，分别固定着一对高压接插件和一对低压接插件。高压断开状态，低压回路被切断；高压连接状态，低压回路的断点被短接，形成完整回路。如图 2-2-19 所示。



高压插件互锁端子缺失或退针

高压插件未装配到位

高压盒盖开关端子损坏

图 2-2-19

3 第三节 常见车型高压传输及高压安全保护

由于目前市面上新能源纯电动车型较多高压系统结构区别较多，所以下面将以北汽新能源旗下纯电动品牌、比亚迪新能源纯电动旗下品牌、吉利新能源纯电动旗下品牌，为大家一一介绍。

一、北汽新能源纯电动品牌

北汽新能源纯电动旗下车型配备的高压系统共分为三种行式，分别为分体式高压系统、PDU 式高压系统、PEU 式高压系统。

(一) 分体式高压系统

分体式高压系统应用在北汽 E150EV、EV160（15 款以前）EV200（15 款以前）ES210（14 款以前）等等。系统组成主要包括动力电池、高压盒、电机控制器、电机、车载充电机、DCDC、PTC、压缩机以及高压线束，如图 2-3-1 所示。

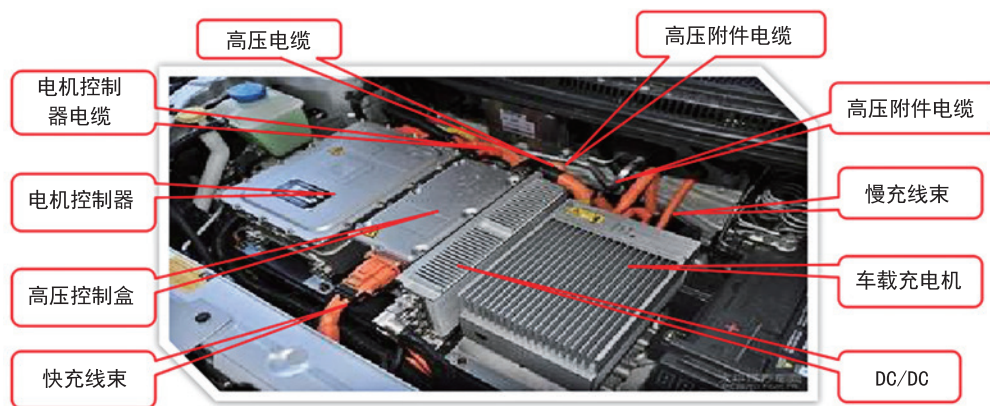


图 2-3-1 北汽分体式高压系统

1. 高压控制盒

高压控制盒起到对高压电路的控制作用，在内部还装有 PTC 控制器。高压控制盒内部结构如图 2-3-2 所示，其内部电路如图 2-3-3 所示，其外部端子及定义如图 2-3-4 所示。

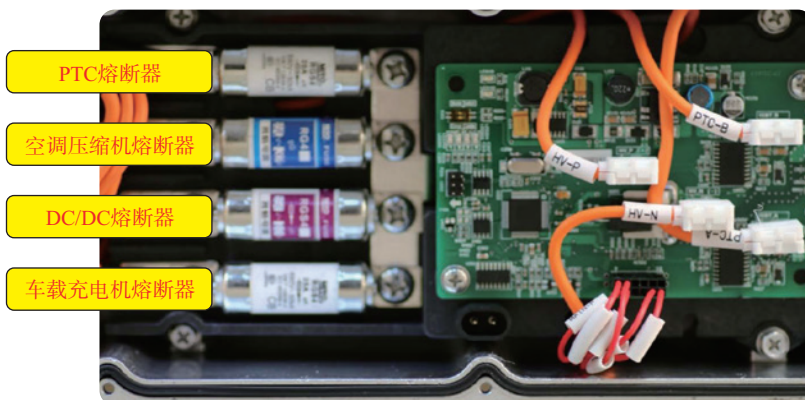


图 2-3-2 高压控制盒内部结构

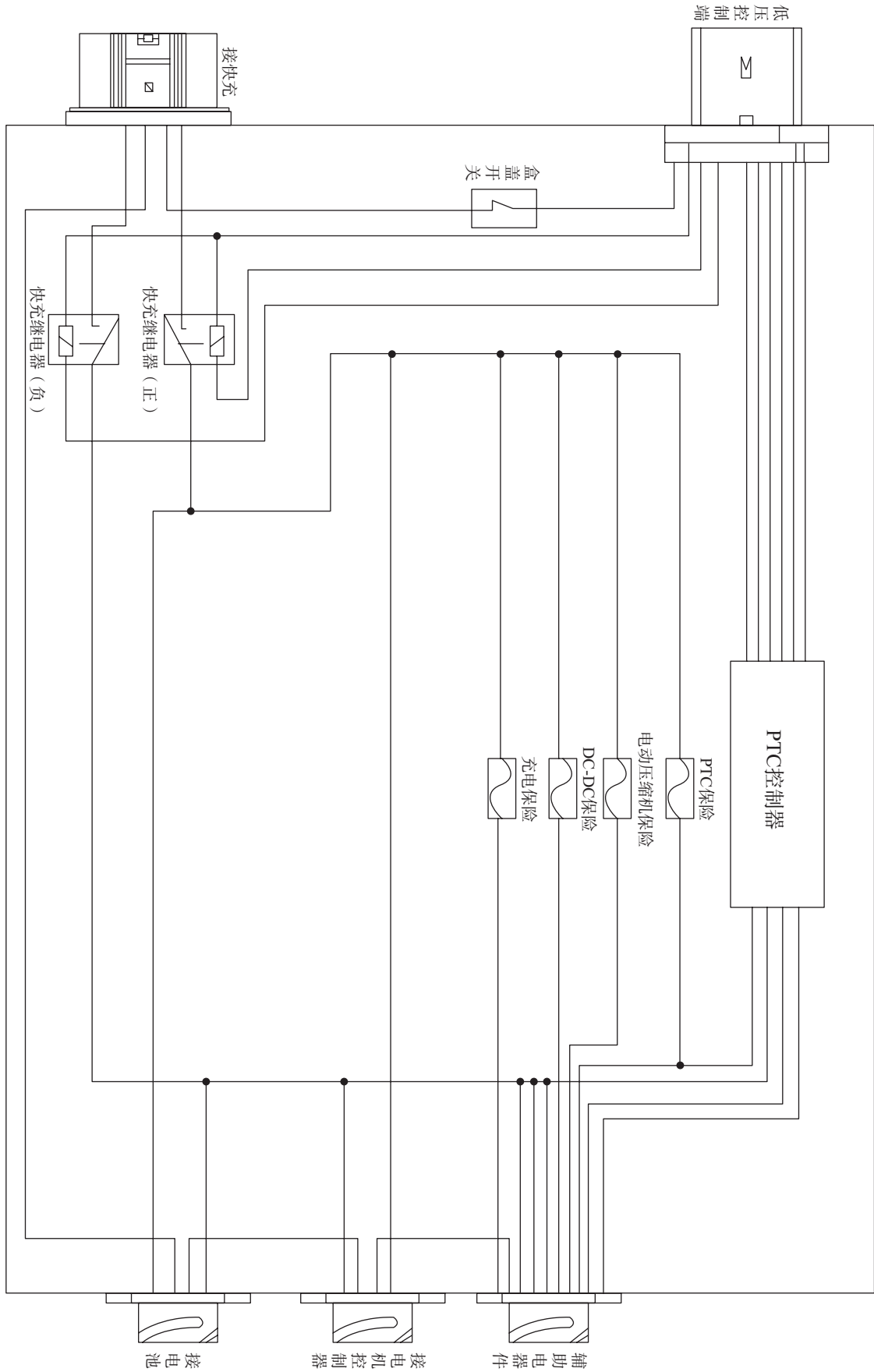
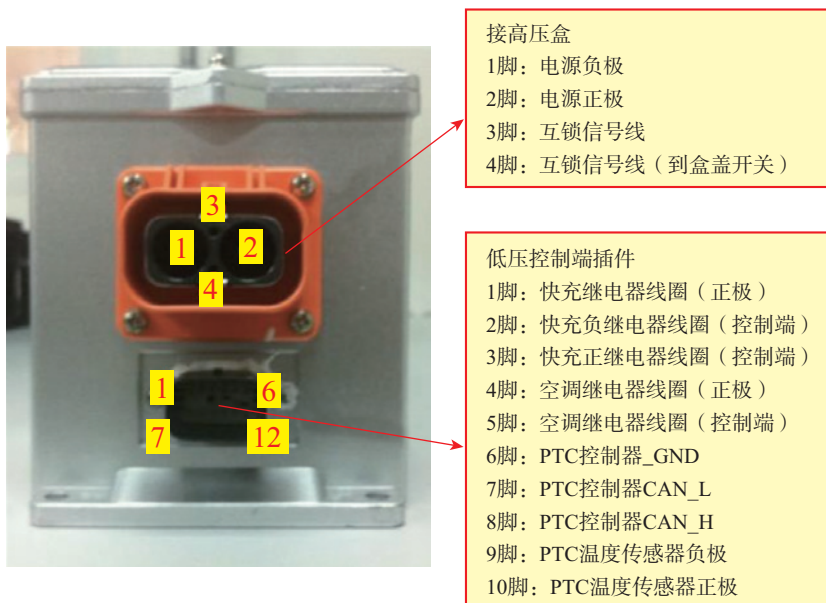
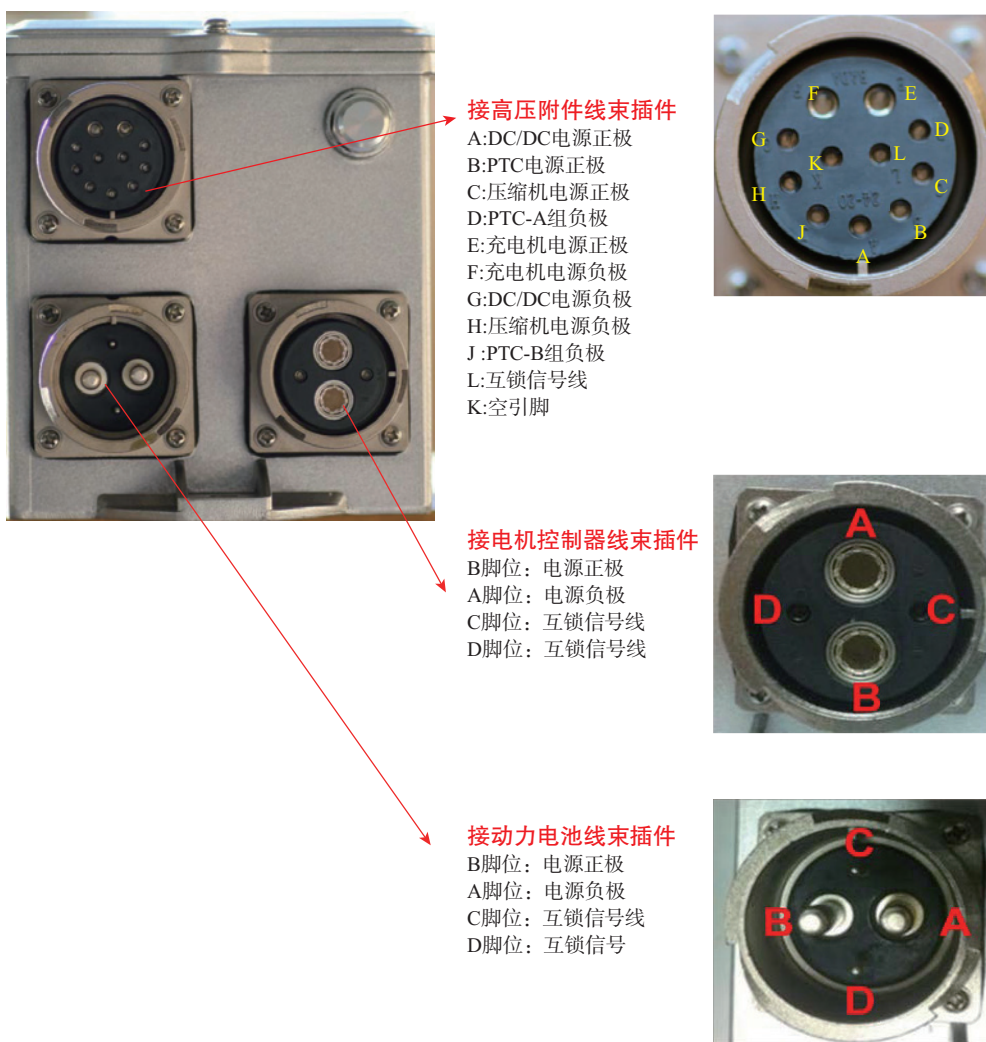


图 2-3-3 高压控制柜内部电路



A. 高压盒及低压端插件



B. 高压附件插件、电机控制器插件及动力电池插件

图 2-3-4 高压控制盒外部端子及定义

2. 高压电缆

整车共分为 6 段高压线束如下，高压电缆电路如图 2-3-5 所示。

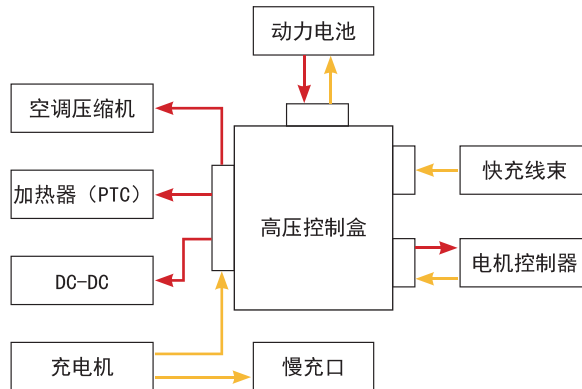


图 2-3-5 北汽分体式高压系统高压电缆连接示意图

(1) 动力电池高压电缆：

连接动力电池到高压盒之间的线缆。

(2) 电机控制器电缆：

连接高压盒到电机控制器之间的线缆。

(3) 快充线束：

连接快充口到高压盒之间的线束。

(4) 慢充线束：

连接慢充口到车载充电机之间的线束。

(5) 高压附件线束（高压线束总成）：

连接高压盒到 DC/DC、车载充电机、空调压缩机、空调 PTC 之间的线束。

(6) UVW 高压电缆：

连接电机控制器与电机的线缆。

3. 维修开关

维修开关安装在动力电池后部中间，串联在动力电池模组与模组中间，当动力电池维修开关断开则切断了动力电池高压因此叫做维修安全开关，如图 2-3-6 所示。在进行维修时切忌断开维修开关。

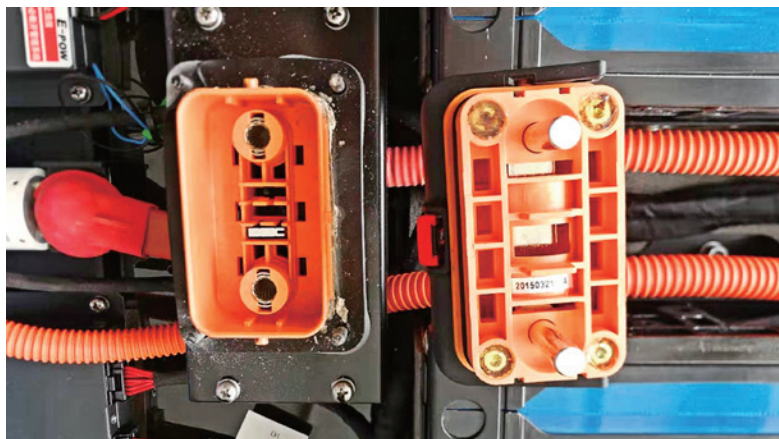


图 2-3-6 北汽分体式高压系统维修开关

4. 互锁控制

互锁电路的作用是监测高压线束连接情况，当某个高压插件未插到位，动力电池则切断高压电源，如图 2-3-7 所示。

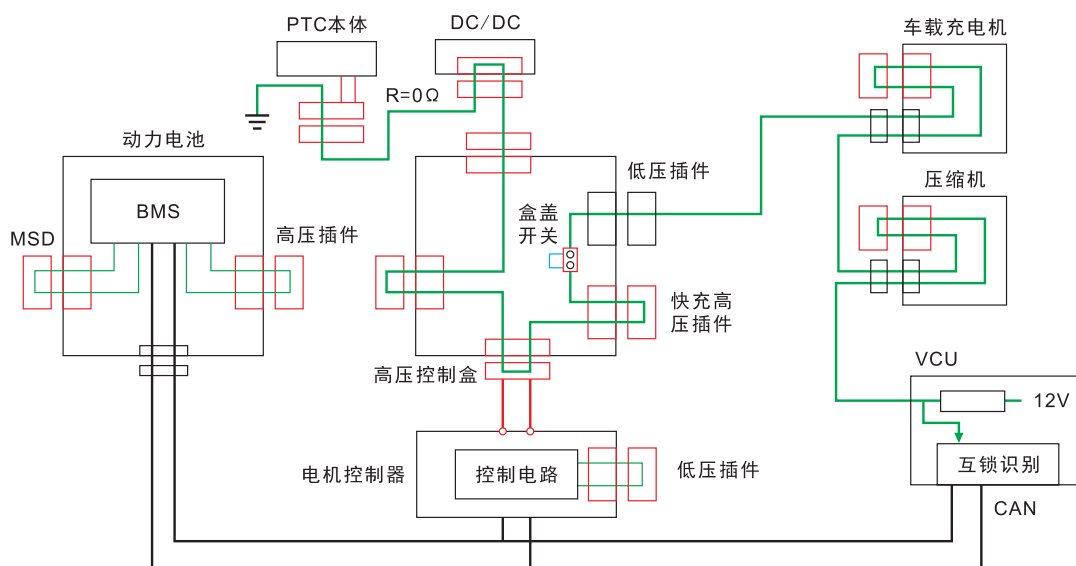


图 2-3-7 北汽分体式高压系统互锁电路

互锁电路实物连接如图 2-3-8 所示。

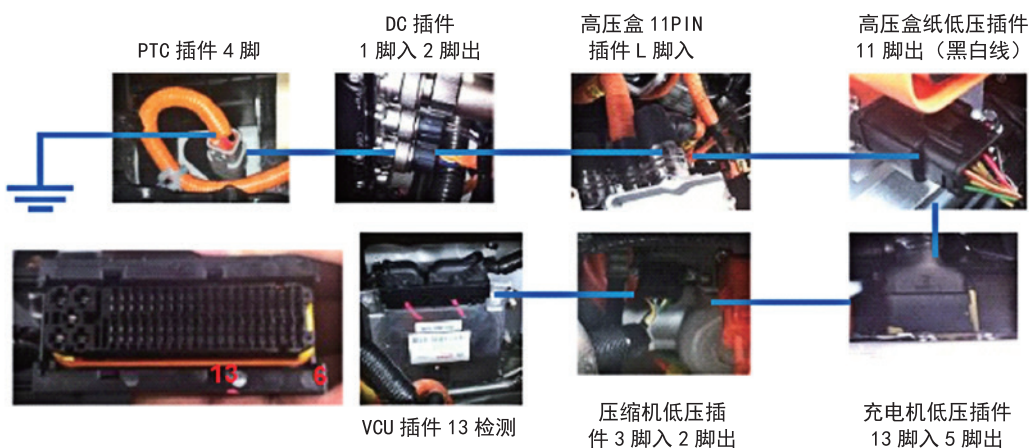


图 2-3-8 北汽分体式高压系统互锁电路实物

5. 高压配电箱继电器位置

高压配电箱内部分成两侧层，上层为 4 个高压保险分别是 DC-DC、车载充电机、PTC、压缩机。以及 PTC 控制器。下层主要是动力电池和电机控制器高压连接铜排以及快充继电器，如图 2-3-9 所示。

6. 电容及放电电阻

超级电容和放电电阻如图 2-3-10 所示，其功能如下：

(1) 超级电容：接能高压电路时给电容充电，在电机启动时保持电压的稳定。

(2) 放电电阻：断开高压电路时，通过电阻给电容放电（注：新车型采用 EGBT 导通放电）。

(3) 放电电路故障，会报放电超时导致高压断电。

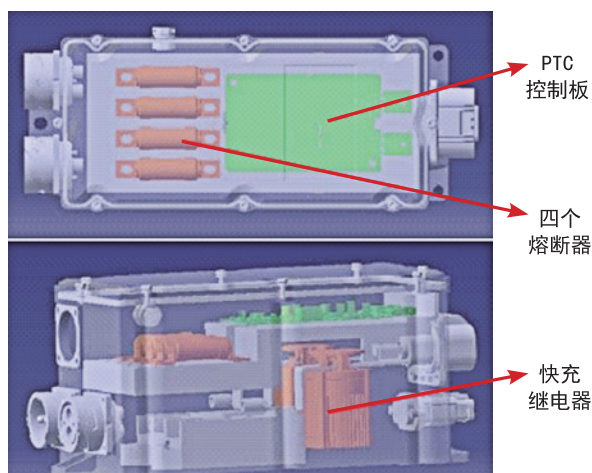


图 2-3-9 北汽分体式高压系统高压配电箱

7. 高压绝缘监控方式

北汽新能源普莱德动力电池内部采用的电池管理系统为分布式电池管理系统，共 4 块控制板（如图 2-3-11 所示）分别是主控板、高压板、1 号从板、2 号从板其中的高压板负责整车的绝缘检测功能。

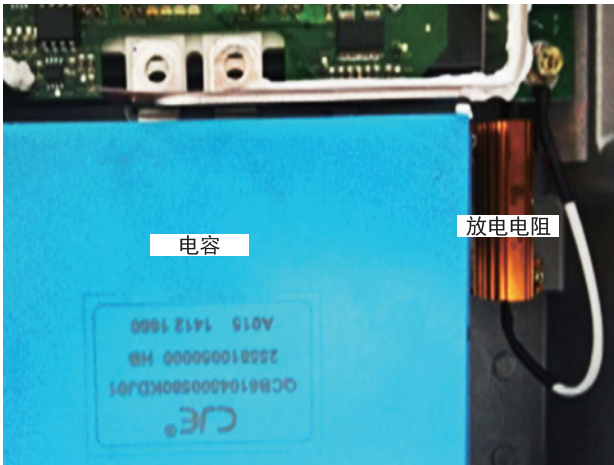


图 2-3-10 北汽分体式高压系统超级电容和放电电阻



图 2-3-11 北汽分体式高压系统电池管理系统模块

(二) 部分集成式 (PDU 式) 高压传输系统组成

1. 高压系统组成

PDU 介绍：PDU 是将车载充电机模块、DC/DC 变换器模块、PTC 控制器及高压配电模块集成的产品，将原本生产过程需要多次装配的部件进行集成化设计，提高装配效率和生产效率，如图 2-3-12 所示。

PDU 集成化设计将原本大量的高压线束优化后，在内部母排中集成体现，提高了高压母线的屏蔽效果。另外 PDU 的各个接口是根据整车的需求进行定制化设计，与 PDU 的高低电压线束较为简易，提高了高压线束的装配便捷性和可靠性。装配车型有 EX200、EX260、EX360、EV160 (2016 款) EV200 (2016 款) 等。

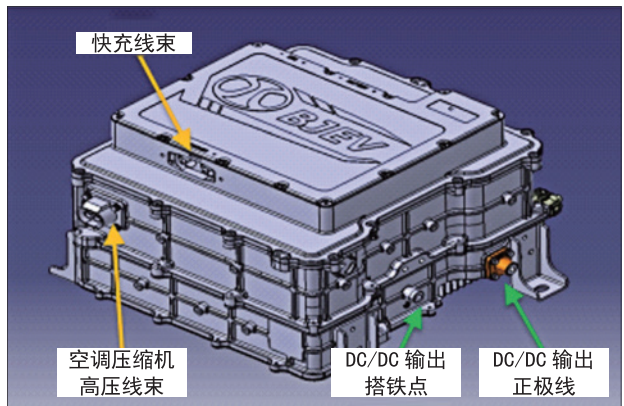


图 2-3-12 北汽 PDU 总成

2. 高压电缆 (位置、数量、插接特点)

整车共分为 7 段高压线束如下，高压电缆电路如图 2-3-13 所示。

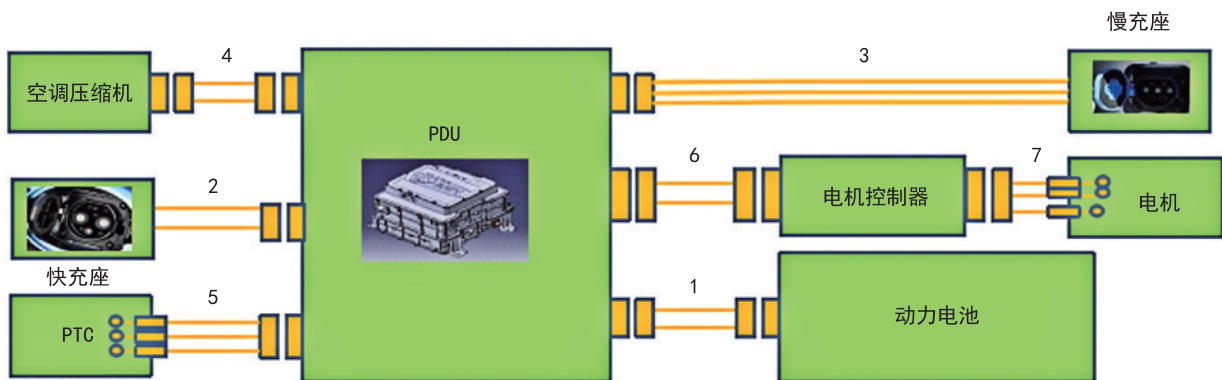


图 2-3-13 北汽 PDU 式高压电缆电路

动力电池高压电缆：连接动力电池到 PDU 之间的线缆。

快充线束：连接快充口到 PDU 之间的线束。

慢充线束：连接慢充口到 PDU 之间的线束。

空调压缩机高压线束：连接 PDU 到空调压缩机之间的线束。

PTC 高压线束：连接 PDU 到空调 PTC 之间的线束。

电机高压电缆：连接 PDU 到电机控制器间的线束。

UVW 高压电缆：连接电机控制器与电机的线缆。

3. 维修开关

部分集成式高压系统 PDU，所采用的动力电池与分体式高压系统所采用的动力电池除了电芯容量不同其他结构基本相同所以维修开关没有区别。

4. 互锁控制

整车只进行了互锁接口的预留，未设置互锁程序。

5. 高压绝缘监控方式

部分集成式车型的高压绝缘检测与分体式相同，均由 BMS 进行高压绝缘检测。

（三）全部集成式高压传输系统组成

1. 高压传输系统组成

PEU 式高压系统在式高压系统基础之上再次高度集成，将电机控制器也一并集成进去，更加提高了装配效率和便捷性，如图 2-3-14 所示。目前装配的车型有 EU220、EU260、EU300、EU400 等车型。



图 2-3-14 北汽 PEU 总成

2. 高压电缆（位置、数量、插接特点）

整车共分为 6 段高压线束如下，高压电缆电路如图 2-3-15 所示。

动力电池高压电缆：连接动力电池到 PEU 之间的线缆

快充线束：连接快充口到 PEU 之间的线束

慢充线束：连接慢充口到 PEU 之间的线束

高压附件线束：连接 PEU 到空调压缩机之间的线束

高压附件线束：连接 PEU 到空调 PTC 之间的线束

UVW 高压线束：连接 PEU 到电机间的线束

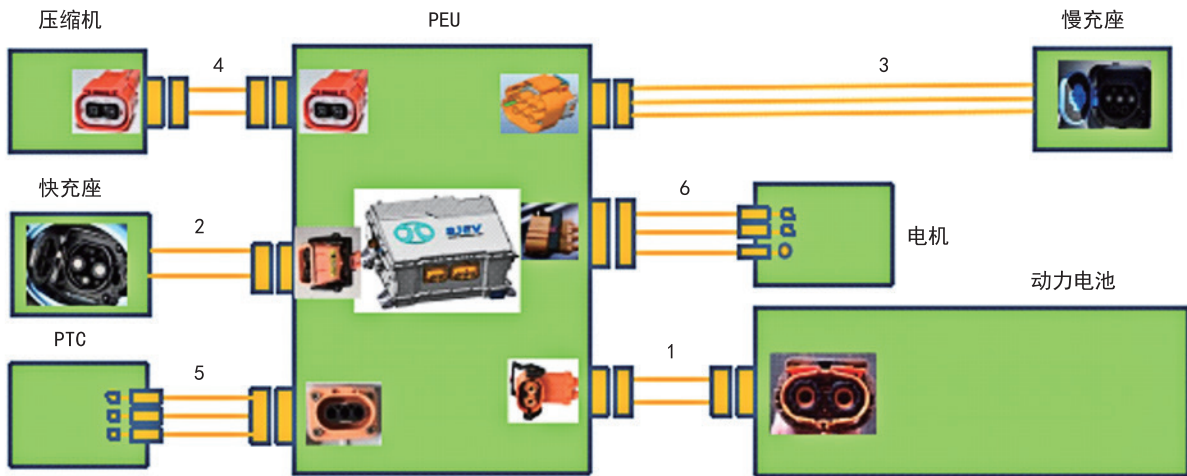


图 2-3-15 北汽 PEU 式高压电缆电路

3. 互锁控制

北汽 PEU 式互锁控制电路如图 2-3-16 所示。

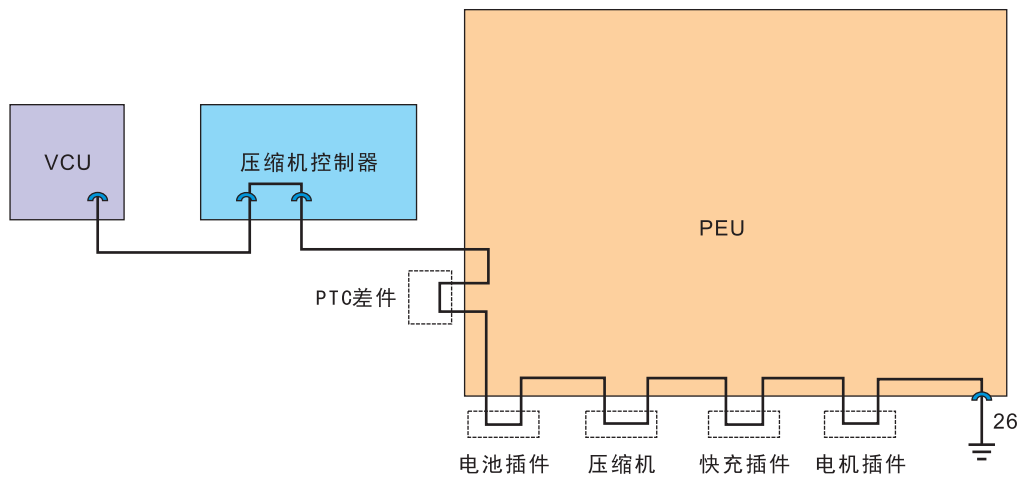


图 2-3-16 北汽 PEU 式互锁控制电路

4. 高压绝缘监控方式

北汽全系电动汽车整车的高压绝缘监控由动力电池管理系统负责高压绝缘检测，一旦动力电池管理系统检测到高压绝缘存在故障则整车会报动力电池绝缘故障。但是故障点往往不在动力电池而是有可能是其他高压部件绝缘过低造成的。绝缘检测方法详见新能源汽车防护（6）绝缘检测。

二、比亚迪秦 EV300

由于比亚迪 E5、E6、元、EV300 均采用 VTOG 高压电控总成，其结构大同小异。故本节就以比亚迪秦 300 为列进行讲解。

1. 高压传输系统组成

高压电控总成集成两电平双向交流逆变式电机控制器模块、升降压 DC 模块、车载充电器模块、DC-DC 变换器模块、高压配电模块和漏电传感器其实物如图 2-3-17 所示。

其总成主要功能是：

- (1) 控制高压交 / 直流电双向逆变，驱动电机运转，实现充、放电功能（VTOG、车载充电器）；
- (2) 实现高压直流电转化低压直流电为整车低压电器系统供电（DC-DC）；
- (3) 实现整车高压回路配电功能以及高压漏电检测功能（高压配电箱 & 漏电传感器模块）；

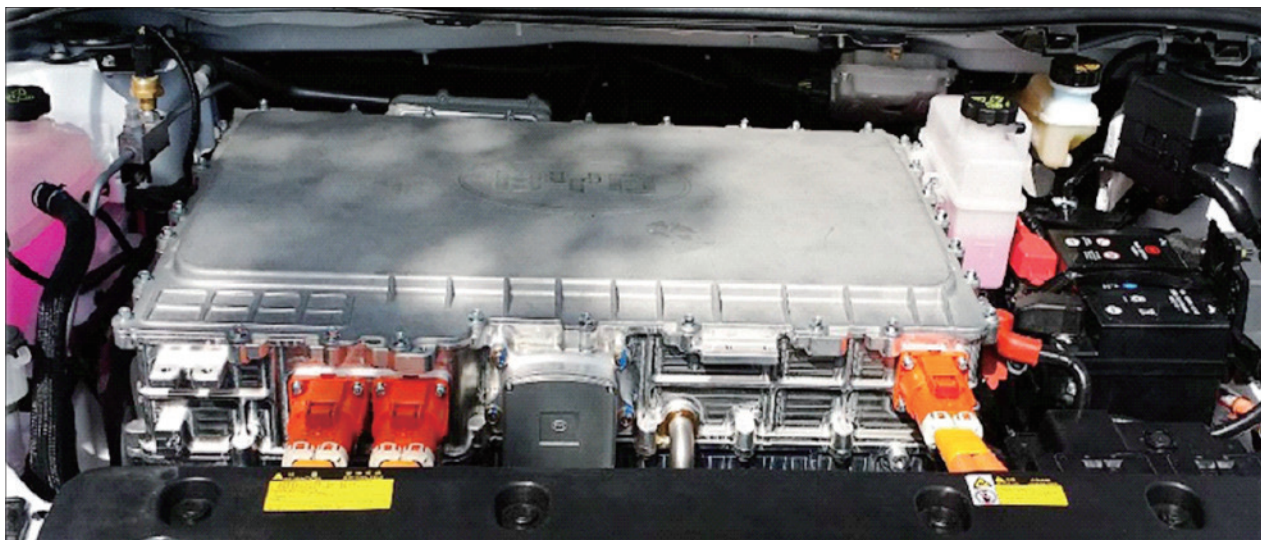


图 2-3-17 比亚迪秦 EV300 高压电控总成

- (4) 直流充电升压功能;
- (5) 另外还包括 CAN 通讯、故障处理记录、在线 CAN 烧写以及自检等功能。

2. 高压电缆（位置、数量、插接特点）

全车共分为六段高压线束如下，其电路如图 2-3-18 所示。

动力电池高压电缆：连接动力电池到 VTOG 之间的线缆

快充线束：连接快充口到 VTOG 之间的线束

慢充线束：连接慢充口到 VTOG 之间的线束

高压附件线束：连接 VTOG 到空调压缩机之间的线束

高压附件线束：连接 VTOG 到空调 PTC 之间的线束

UVW 高压线束：连接 VTOG 到电机间的线束

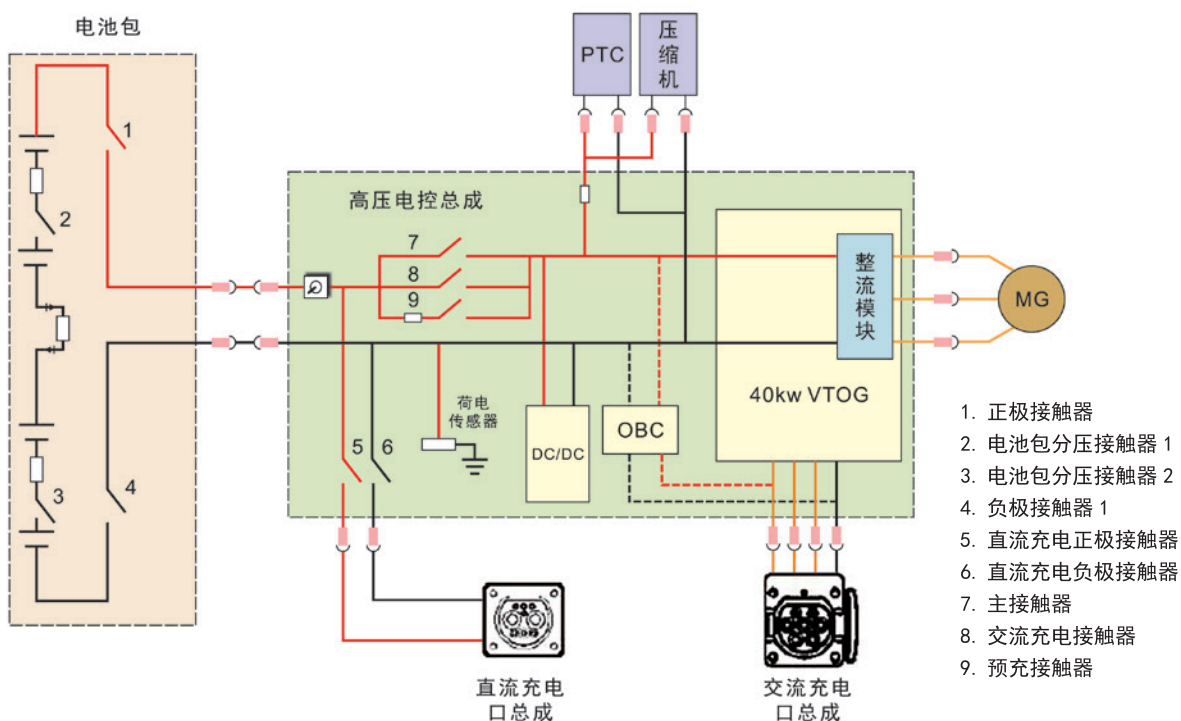


图 2-3-18 比亚迪秦 EV300 高压电缆电路

3. 高压接通电路

比亚迪秦正、负极接触器在电池包内,在电池包内还有两个分压接触器,高压电控总成内有预充接触器,其和主继电器配合完成预充保护功能,交流充电时,交流充电接触器接通。

4. 维修开关

比亚迪 EV300 无维修开关。

5. 互锁控制

比亚迪秦 EV300 互锁连接如图 2-3-19 所示,数字代表控制模块互锁针脚号。

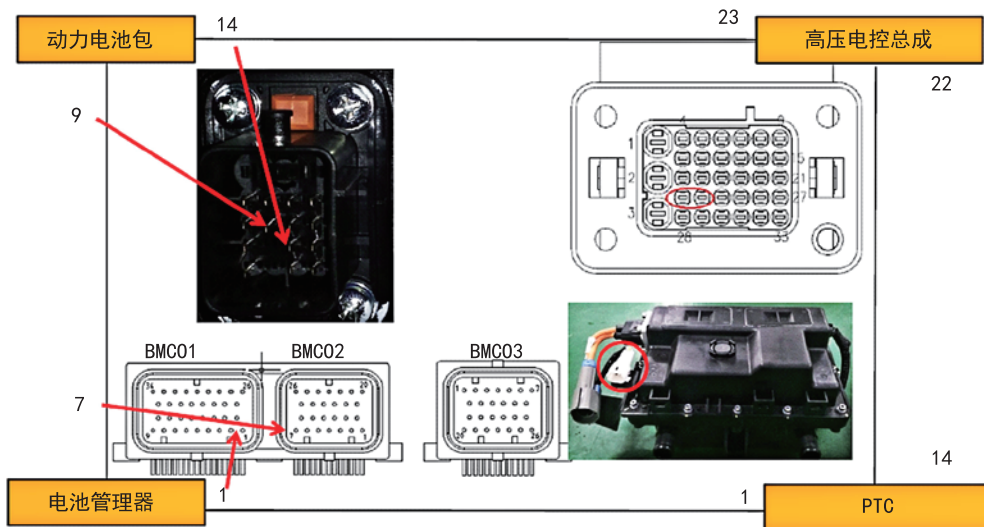


图 2-3-19 比亚迪秦 EV300 互锁连接

6. 高压绝缘监控方式

比亚迪秦 EV300 绝缘控制使用漏电传感器,漏电传感器含有 CAN 通讯功能,秦 EV 车型通过监测与动力电池输出相连接的正母线与车身底盘之间的绝缘电阻判定高压系统是否存在漏电,漏电传感器将漏电数据信息通过 CAN 信号发送给电池管理器、VTOG,采取相应保护措施。

漏电检测框架如图 2-3-20 所示,漏电数据判定及措施如表 2-3-1 所示。

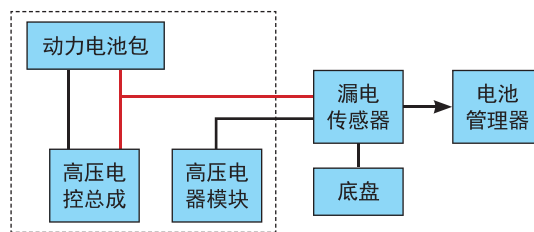


图 2-3-20 漏电检测框架图

表 2-3-1 漏电数据判定及措施

R: 高压回路正极或负极对车身地等效绝缘电阻值	漏电状态	措施	
$R > 500 \Omega/V$	正常	无	
$100 \Omega/V < R \leq 500 \Omega/V$	一般漏电报警	仪表灯亮,报动力系统故障	
$R > 100 \Omega/V$	严重漏电报警	行车中	仪表灯亮,断开主接触器、分压接触器、电池包内接触器和负极接触器
		停车中	1、禁止上电; 2、仪表灯亮,报动力系统故障
		充电中	1、断开交流充电接触器、分压接触器、电池包内接触器和负极接触器 2、仪表灯亮,报动力系统故障。

漏电传感器如图 2-3-21 所示，其电路图如 2-3-22 所示，传感器针脚含义如表 2-3-2 所示。

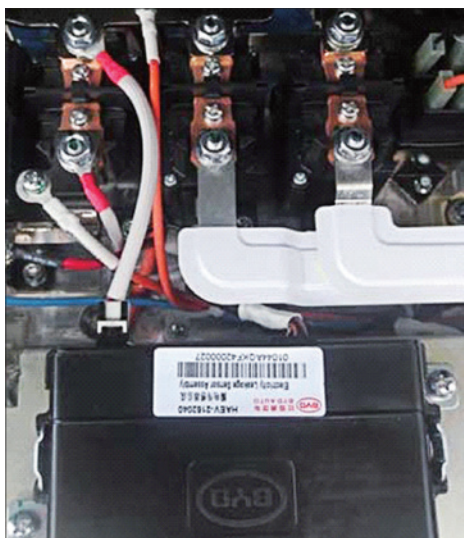


图 2-3-21 漏电传感器

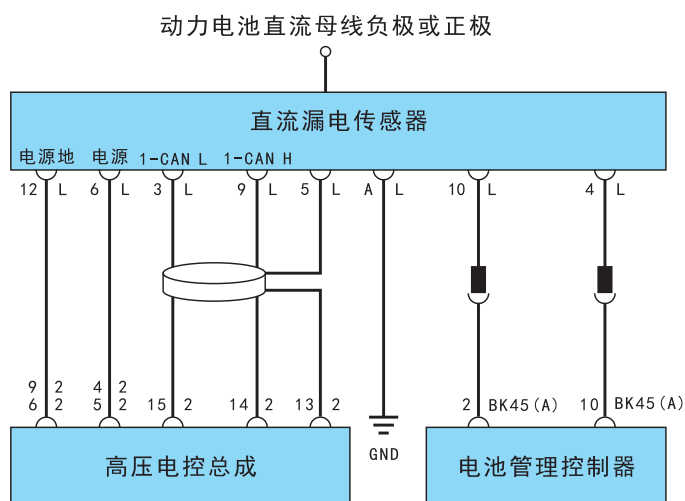


图 2-3-22 漏电传感器电路

表 2-3-2 漏电传感器针脚含义

2pin 高压接插件		12pin 高压接插件	
脚位	定义	脚位	定义
1	(漏电检测) 接电池包正极	3	CAN-L
2	(自检) 接电池包正极	4	严重漏电
		5	GND
		6	双路电
		9	CAN-H
		10	一般漏电
		12	GND

三、吉利新能源纯电动汽车帝豪 EV450 车型介绍

1. 高压传输系统组成

吉利新能源纯电动汽车帝豪 EV450 高压供电系统由动力电池为电机控制器、驱动电机、电动压缩机、PTC 加热器等高压部件提供能量，如图 2-3-23 所示。此外动力电池还有一套直流快充充电系统和一套交流慢充充电系统。这些所有的高压部件都由高压配电系统连接输送电能，如图 2-3-24 所示。

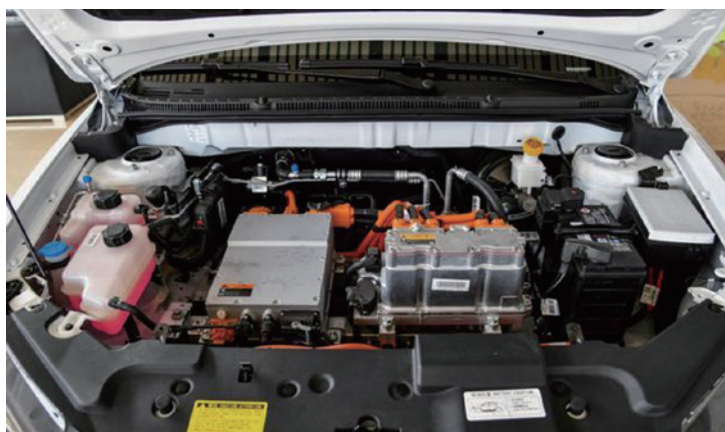


图 2-3-23 帝豪 EV450 高压部件

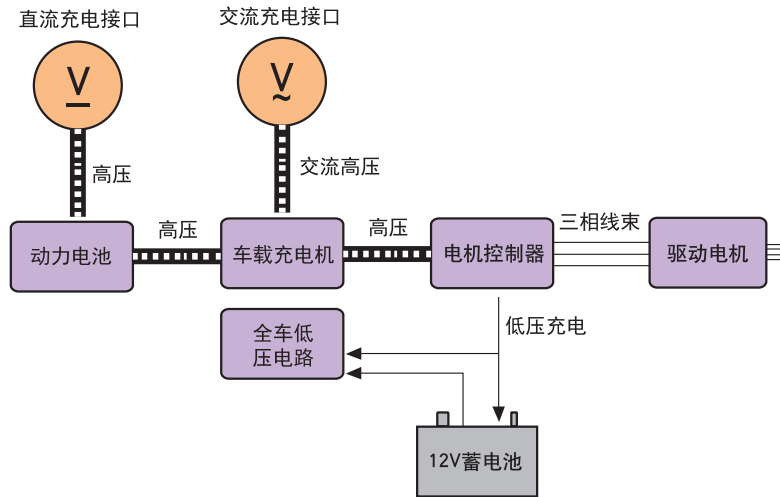


图 2-3-24 帝豪 EV450 高压框架

2. 主要部件

高压配电系统主要包括以下部件组成：车载充电器分线盒、直流充电接口、交流充电接口、直流母线、电机三相线，各部件位置如图 2-3-25 所示。电器原理框架如图 2-3-26 所示。

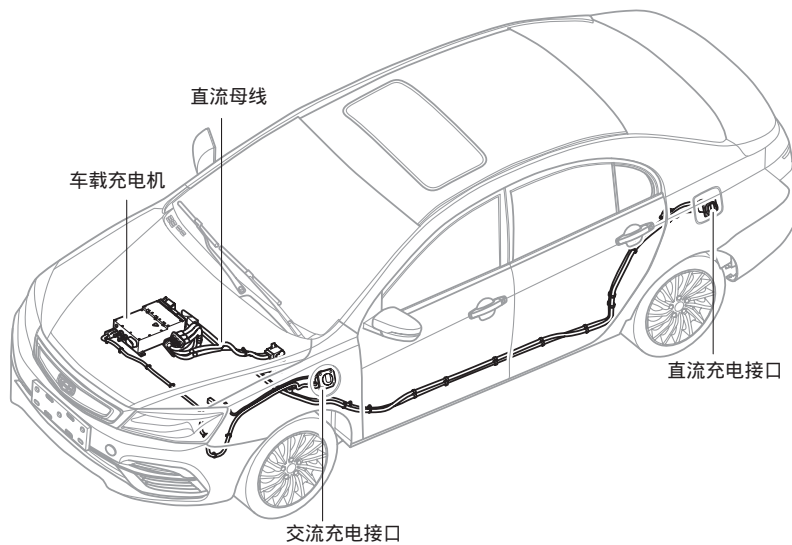


图 2-3-25 高压配电系统各部件位置

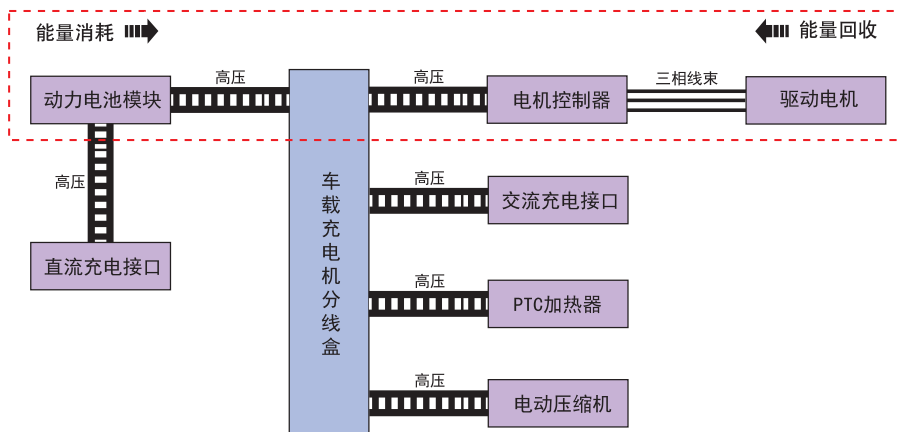


图 2-3-26 高压配电系统电器原理框架

(1) 车载充电器分线盒

车载充电器分线盒的作用类似于低压供电系统中的保险丝盒，高压接线盒功能包括：高压电能的分配，和高压回路的过载及短路保护，

车载充电器分线盒将动力电池总成输送的电能分配给电机控制器、空调压缩机和 PTC 加热器。此外，交流慢充时，充电电流也会经过分线盒流入动力电池为其充电。

车载充电器分线盒内对电动压缩机回路、PTC 加热器回路、交流慢充回路各设有一个 40A 的熔断器。当上述回路电流超过 90A 时，熔断器会在 15s 内熔断；当回路电流超过 150A 时，熔断器会在 1s 内熔断，保护相关回路。

车载充电器分线盒电器原理如图 2-3-27 所示。

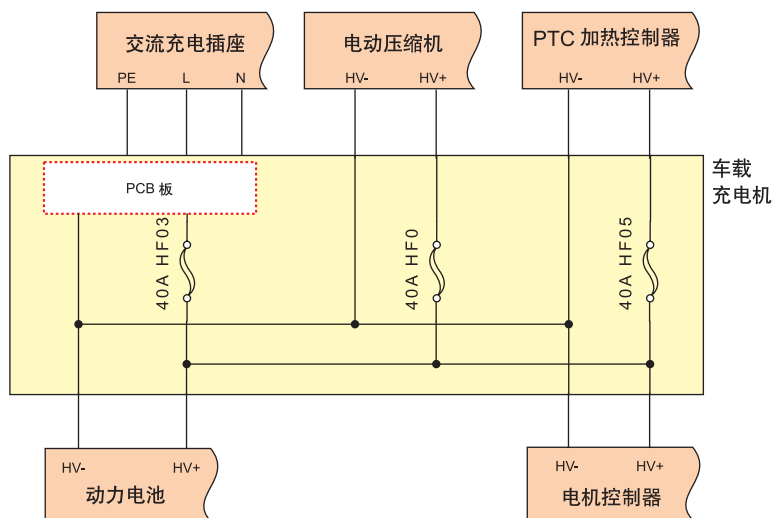


图 2-3-27 车载充电器分线盒电器原理图

(2) 直流充电接口

直流充电接口能接收直流充电桩的电能，并通过高压线束将电能输送给动力电池总成，为其充电。

(3) 交流充电接口（如配备）、直流母线

交流充电接口能接收交流充电桩的电能，并通过高压线束将电能输送给车载充电器，车载充电器将交流电转化成直流电再传递给分线盒，分线盒经过直流母线将直流电传递到动力电池，为其充电。

(4) 电机三相线

车辆行驶时，电流从动力电池依次经过，直流母线、分线盒、电机控制器高压线、电机控制器、电机三相线到达驱动电机，产生驱动力。

3. 维修开关

帝豪 EV450 没有维修开关。

4. 互锁控制

帝豪 EV450 的互锁由 VCU 进行检测，其互锁连接如图 2-3-28 所示。

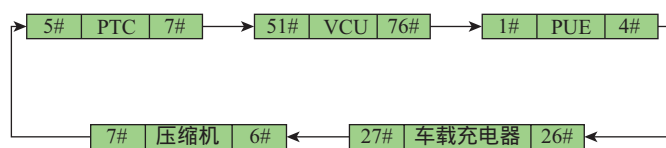


图 2-3-28 帝豪 EV450 互锁连接

5. 高压绝缘监控方式

吉利帝豪全系电动汽车整车的高压监控由动力电池管理系统负责高压绝缘检测，一旦动力电池管理

系统检测到高压绝缘存在故障则整车会报动力电池绝缘故障。但故障点往往不在动力电池，也有可能是其他高压部件绝缘过低导致。

6. 高压系统漏电故障

(1) 故障代码说明

高压系统相关故障码如表 2-3-3 所示。

表 2-3-3 高压系统相关故障码

故障码	说明
P1A8019	直流输出电流过高
P1A8017	OBC 关闭由于输入电压过高
P1A8016	OBC 关闭由于输入电压过低
P1A8617	输出电压过高关机
P1A8616	输出电压过低关机
P1A8719	输入过载
P1A8811	充电机输出短路故障

(2) 检测

高压漏电检测框架如图 2-3-29 所示。

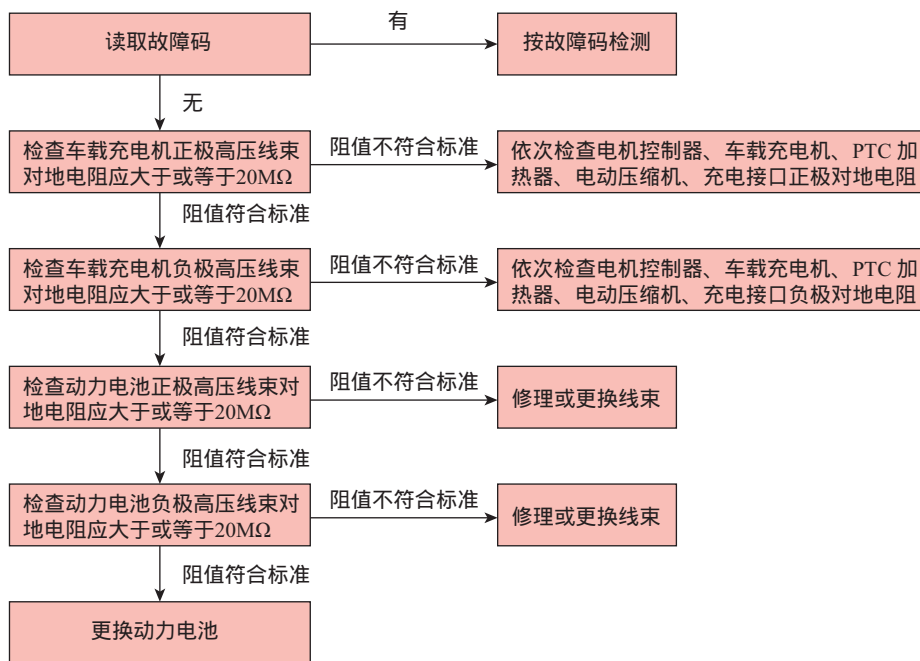


图 2-3-29 高压漏电检测框架图

第 3 章

动力电池管理系统



1. 理解动力电池基本术语
2. 掌握动力电池基本结构
3. 掌握电池管理系统控制内容、控制原理
4. 掌握常见电动汽车电池管理系统结构、控制原理、故障检测



第一节 动力电池

动力电池是指为交通运输工具提供动力的电池。当前主要有铅酸电池、镍镉电池、镍氢电池、锂离子电池、锂聚合物电池等。单体电池是动力电池组的基本单元。

一、动力电池基本术语

1. 标称电压

在 25℃, 90%RH, 50%SOC 条件下, 电池正极和负极之间的电位差。

2. 放电截止电压

为防止电池过放, 设定一个放电下限, 达到该电压值则停止放电。

3. 充电截止电压

为防止电池过充, 设定一个充电上限, 达到该电压值则停止充电。

4. 过放

电池的实际最低电压低于了规定的放电截止电压。

5. 过充

电池的实际最高电压超过了规定的充电截止电压。

6. 充放电倍率

“C”是形容电池充放电电流大小的符号。1C 放电就代表 1 小时内把电池从满电放到空的电流大小。1C 数值上等于电池包的额定容量。

7. 容量

按规定的条件完全充电后的电池所能提供的电量。通常用 Ah 来表示。

8. 容量密度

单位质量 / 体积的电芯的容量, 单位 Ah/Kg、Ah/L。

9. 标称容量

在寿命初始 (BOL), 按规定的条件完全充电后的电池以 1C 的倍率 (C-rate) 放电所能提供的最小容量。

10. 能量

按规定的条件完全充电后的电池所能提供的能量。通常用 Wh 或 kWh 来表示。

11. 能量密度

单位体积的电芯储存的能量, 单位 Wh/L。

12. 比能量

指单位质量的能源所含能量的多少, 单位 Wh/Kg。

13. SOC (state of charge)

电池当前的容量与额定容量的百分比，在仪表上有显示，如图 3-1-1 所示。

14. 充放电循环次数

是指在一定充放电制度下，蓄电池容量将至某一规定值之前，蓄电池所承受的循环次数，也称为蓄电池的循环寿命。比如按厂商规定的充放电倍率（比如 1C 放电，0.3C 充电；每次从 0% 充放到 100%，照此循环）下，500 次循环后，电池容量还剩最初的 80%。



图 3-1-1 SOC 显示

15. 放电

当电池在不外部电路连接时，由于内部自发反应引起的电量损失。

16. 内阻

电流通过电池内部时所受到的阻力，一般分为交流内阻和直流内阻。一般电芯体积和容量越大，内阻越小。

17. CV (constant voltage) 恒定电压充电

以固定电压向电池充电，这样充电电流会渐渐减小，直到电流小于某一程度后充电过程即完成。

18. CC (constant current) 恒定电流充电

先以恒定电流充电，这样会使电池电压渐渐上升，直至电压到达一特定数值。此特定数值的电压视电池物料而定。

19. 能量回馈

当车辆减速时，车辆的部分动能通过电动机转换成电能再次充入到电池内。

二、动力电池主要类型

新能源汽车用动力电池主要包括铅酸电池、镍氢电池、锂电池、氢燃料电池。目前，锂电池无论在能量密度，寿命和环保性能上都具有很大的优势，是动力电池的首选。

1. 铅酸电池

纯电动汽车最早使用的是铅酸电池（如图 3-1-2 所示），铅及其氧化物制成作为电极材料，硫酸溶液作为电解液，这是现在大部分电瓶车的动力源，低成本是其最大的优势。但它有两大缺点：一是比能量低，所占的质量和体积太大，且一次充电行驶里程较短；另一个是使用寿命短，使用成本过高。其单体电芯电压为 2.1 伏。

2. 镍氢电池

镍氢电池（如图 3-1-3 所示）是二十世纪九十年代发展起来的一种新型绿色电池，具有高能量、长寿命、无污染等特点。镍氢电池相比铅酸电池有不小的提升，并且电解液不可燃、安全性有保障，制造工艺成熟。但是镍氢电池充电效率一般、无法使用高压快充，因此从锂电池广泛引用之后，镍氢电池在汽车上也有被完全取代的趋势。单体电芯电压为 1.2 伏。目前丰田普锐斯部分车型采用镍氢电池作为动力源。



图 3-1-2 铅酸电池



图 3-1-3 镍氢电池

3. 锂电池

锂电池（如图 3-1-4 所示）正是现阶段新能源车的主流选择，锂电池根据单体电芯正极材料的不同由划分为磷酸铁锂电池、三元电池、锰酸锂电池、钴酸锂电池，其中石墨作为负极材料，其优势在于重量轻、储能大、无污染、无记忆效应、使用寿命长。

在同体积重量情况下，锂电池的蓄电能力是镍氢电池的 1.6 倍，并且人类只开发利用了其理论电量的 20% ~ 30%，开发前景非常光明。不过无论任何类型，所有锂电池组都会面临低温这个“天敌”。

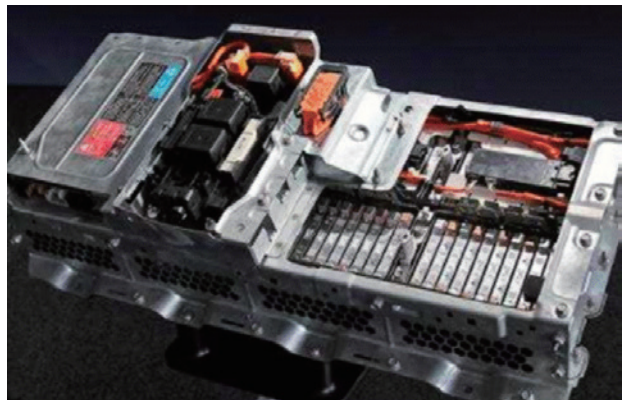


图 3-1-4 锂电池

4. 氢燃料电池

氢气是非常理想的清洁能源。特点是无污染，无噪音，高效率，就氢气本身来说，燃烧可以释放大量的能量，如图 3-1-5 所示，低温表现上佳，最重要的加氢的效率，加氢只需 5 分钟就能行驶超过 600 公里。并且这个数据还有提升的空间，以上这些都要远远优于现有的锂电池。

但是氢燃料电池轿车比同类型内燃机车重 200 多公斤，贵 5 倍以上。关于氢燃料电池车投入方面，日、韩两国的车企早就开始了研究，如今已经小范围投入到了各自国家的市场中。

目前主流的动力电池主要有两类：三元锂电池和磷酸铁锂电池。但目前市面上绝大多数新上市的电动汽车基本都采用三元锂电池，主要原因是三元锂电池的电池能量密度要远高于磷酸铁锂。

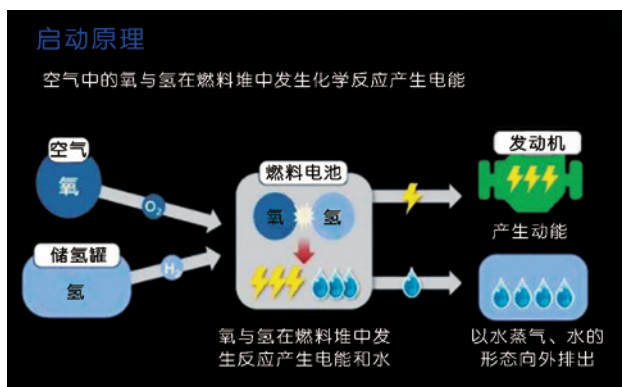


图 3-1-5 氢燃料电池工作过程



第二节 电池管理系统

一、电池包

电池包是指将多个电芯，电池保护板，电池辅料，电池连接件等通过电池盒外壳包装起来的一种结构。其首先多个单体电池组成电池模块，多个电池模块组成电池总成。

单体电池是最小储能单元，一个基本的电化学的能源储存装置，由正极、负极、电解液、隔离膜、排气阀及壳体组成，也称为电芯，如图 3-2-1 所示。

电池模块是若干个单体电池由电路相连（或串联或并联或串并联组合使用组成）的储能单元，也称为模组，如图 3-2-2 所示。



图 3-2-1 单体电池

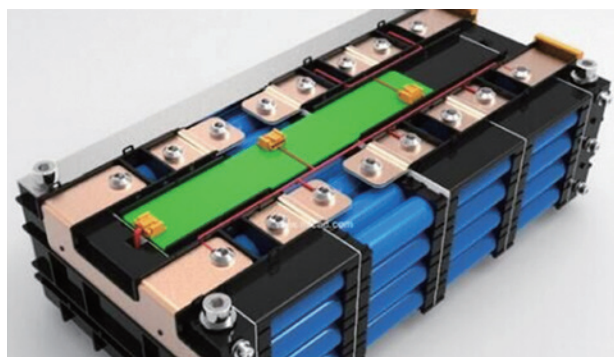


图 3-2-2 电池模块

电池总成是由若干个电池模块、电路设备（保护电路、电池管理系统、电气和通讯接口）及热管理装置等组成的，用来为用电装置提供能量的电源系统。

二、电池管理系统典型功能

电池管理系统 BMS (Battery Management System) 包括硬件、软件和运算法则，主要测量和管理电池包系统内的电芯电压、电流、温度，均衡等，保证电池的可靠性和安全性，防止发生过充、过放、短路和过热等现象。

电池管理系统主要功能包括以下几点，图 3-2-3 为某电动汽车动力电池管理系统基本框架：

1. 实时采集电池系统运行状态参数

实时采集电动汽车蓄电池组中的每块电池的端电压和温度、充放电电流以及电池组总电压等。由于电池组中的每块电池在使用中的性能和状态不一致，因而要对每块电池的电压、电流和温度数据都进行监测。

2. 确定电池的 SOC 值

准确估计动力电池组的 SOC 值，从而随时预报电动汽车储能量电池还剩剩余多少能量或储能电池的 SOC 值，使电池的 SOC 值控制在 30% ~ 70% 的工作范围。

3. 故障诊断与报警

当蓄电池组电量或能量过低需要充电时，及时报警，以防止蓄电池过放电而损害电池的使用寿命；当蓄电池组的温度过高，非正常工作时，及时报警，以保证蓄电池正常工作。

4. 电池组的热平衡管理

电池热管理系统是电池管理系统的有机组成部分，其功能是通过风扇等冷却系统和热电阻加热装置使电池温度处于正常工作温度范围。

5. 一致性补偿

当电池之间有差异时，有一定措施进行补偿，保证电池组表现能力更强，并具有一定的手段来显示性能不良的电池位置，以便修理替换。

6. 通过总线实现各检测模块和中央处理单元的通信

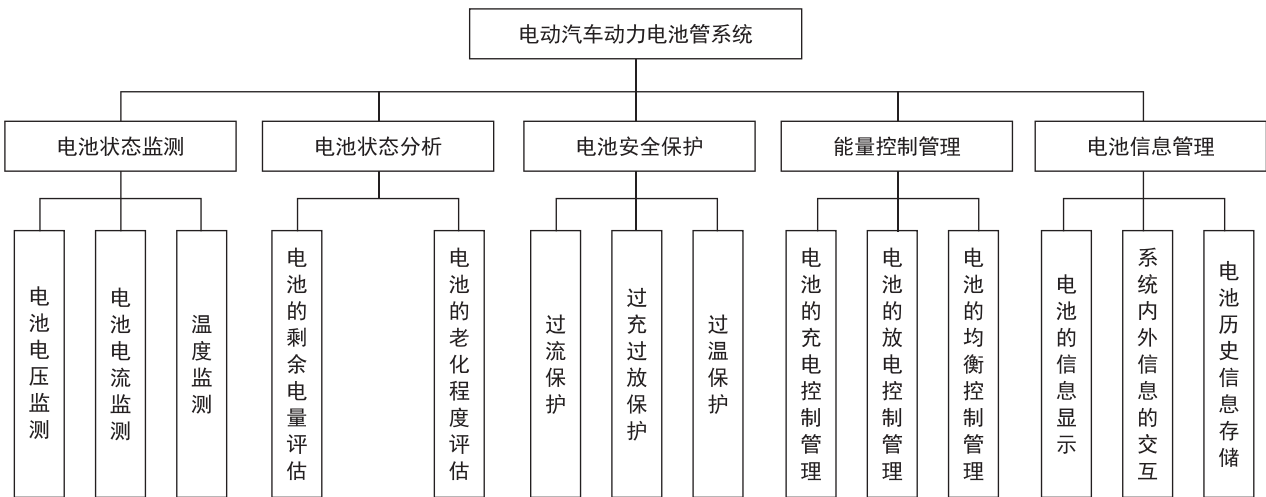


图 3-2-3 为某电动汽车动力电池管理系统基本框架

三、电池管理系统的控制

1. 电池状态的检测

电池状态的检测即为电池数据的采集。作为 BMS 中其他功能的基础与前提，数据采集的精度和速度能够反映 BMS 的优劣。管理系统的其他功能比如 SOC 状态分析、均衡管理、热管理功能等都是以采集获取数据为基础进行分析及处理的数据。

数据采集的对象一般为电压、电流和温度。

(1) 电压的采集

动力电池的组成是由几十百甚至上千节单体电芯组成，其中或并联或串联，电池管理系统需要采集每个单体电池电压。当某一个单体出现故障或达到一定的阈值则整个动力电池停止工作进入停机保护模式。

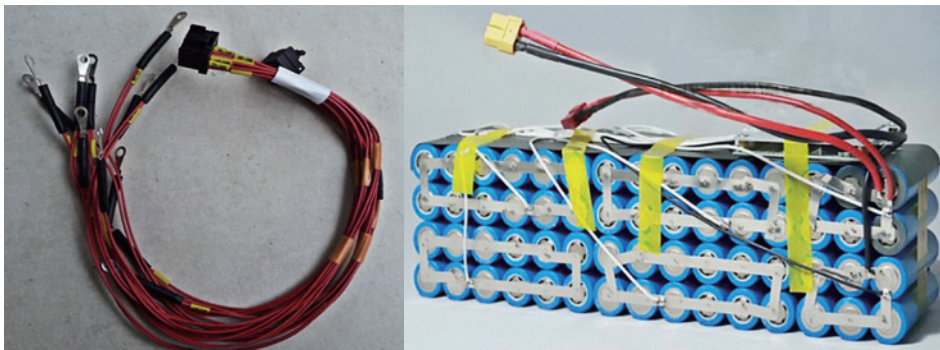


图 3-2-4 单体电池电压采集线端子

单体电池电压采集线端子用螺栓固定在单体电芯上，如图 3-2-4 所示。一旦紧固螺丝松动或采集线与端子接触不良，导致单体电压采集不准。直接导致动力电池出现故障。

(2) 电流的采集

动力电池的充放电电流数据的采集由电流传感器负责。目前主要使用的传感器有两种，一种是霍尔式电流传感器，另一种是无感分流器。

1) 无感分流式电流传感器

无感分流式电流传感器工作原理即分流器的原理。分流器实际就是一个阻值很小的电阻，如图 3-2-5 所示。当直流电流通过电阻时在电阻两端产生毫伏级电压信号，这个电压的极性也会随着电流方向的变化而改变，通过对这个电压信号的测量就可以检测出通过其电流的方向与大小。

无感分流器的电感非常小，在特定频率范围内可以忽略。

2) 霍尔式电流传感器工作原理

霍尔式电流传感器如图 3-2-6 所示。

霍尔器件是一种采用半导体材料制成的磁电转换器件。当有一磁场穿过该器件感磁面时，在输入端通入控制电流，则在输出端出现霍尔电势。霍尔电势的大小与控制电流和磁通密度乘积成正比，霍尔电势的方向与磁场的方向有关。

霍尔式电流传感器以霍尔器件为主体制作而成，其原理如图 3-2-7 所示。被测导线电流 i_P 会在导磁环上产生一个磁场 B_P 。磁场 B_P 的作用会使霍尔器件产生一个霍尔电压，霍尔电压的方向和大小则和导线电流 i_P 的方向与大小有关。霍尔式电流传感器为非接触式传感器。

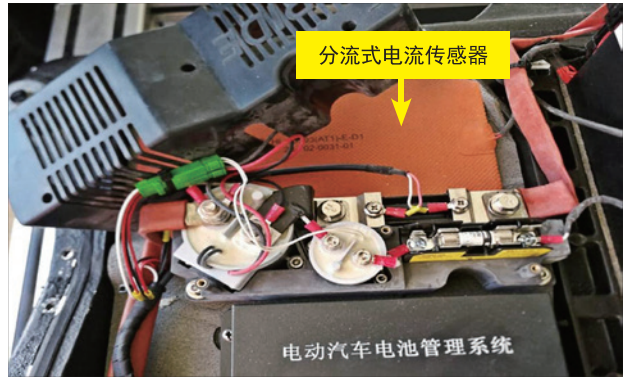


图 3-2-5 无感分流式电流传感器



图 3-2-6 霍尔式电流传感器

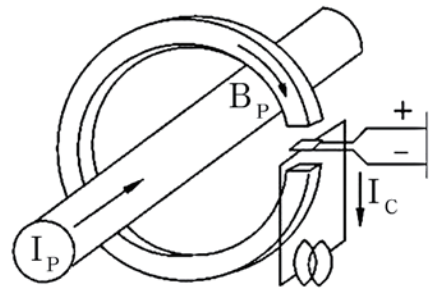


图 3-2-7 霍尔式电流传感器原理

(3) 温度的采集

电池温度数据的采集由温度传感器负责。

由于电池在充电和放电过程中都会产生热量，所以电池管理系统中温度信号是一个非常重要的指标，一旦温度传感器出现故障，电池管理系统则会报出动力电池故障。温度传感器如图 3-2-8 所示。

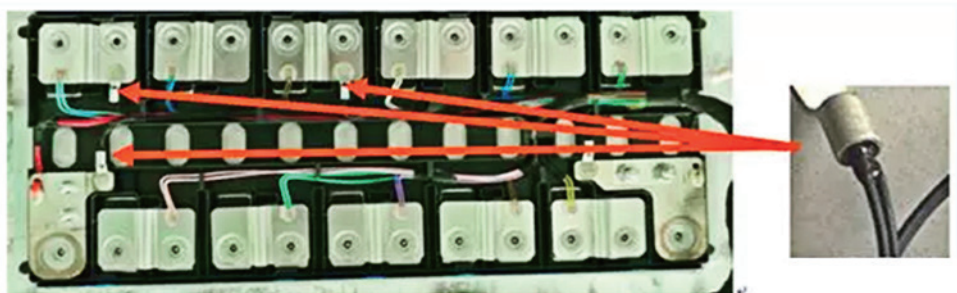


图 3-2-8 温度传感器

温感常见的损坏方式就是状态是高阻抗或直接开路。开路 / 损坏是最为常见的，这一般是由于 NTC 内部电阻元件和引线材料之间的机械分离，由于各种操作处理损坏，器件过热，热失衡等引起。

2. 电池状态的分析

对电池状态分析主要是电池剩余电量及电池老化程度这两个方面，即 SOC 评估和 SOH 评估。SOC 能够让驾驶人获得直接的信息，了解剩余电量对续航里程的影响。SOC 的分析会受到 SOH 的影响，电池的 SOH 在使用的过程中受到温度和电流等持续影响而需要不断进行分析，以确保 SOC 分析的准确性。

由于无法通过直接测量的方法来得到电池的剩余电量(SOC)，因此一般采用间接测量电池其他参数，如电池电流、电压、温度等来估算电池的 SOC。常见的估算动力电池 SOC 的方法有放电法、开路电压法、安时积分法、卡尔曼滤波法、神经网络法等。

剩余电量 (SOC) 以百分比来表示，并通过仪表显示出来。

3. 电池安全保护

(1) 过流保护

由于电池都具备一定的内阻，当电池在工作时电流过大会造成电池内部发热，热量积累增加造成电池温度上升，从而导致电池的热稳定性下降。对于锂离子电池来说，正负极材料的脱嵌锂离子能力是一定的，当充放电电流大于其脱嵌能力时，将导致电池的极化电压增加，导致电池的实际容量减小，影响电池的使用寿命，严重时会影响电池的安全性。BMS 会判断电流值是否超过安全范围，一旦超过则会采取相应的安全保护措施。

(2) 过充过放保护

在充电过程中，充电电压超过电池截止充电电压时，将会引起正极晶格结构被破坏，导致电池容量变小，并且电压过高会造成正极短路而引发爆炸。过充是被严格禁止的。BMS 会检测系统中单体电池的电压，当电压超过充电限制电压时，BMS 会断开充电回路从而保护电池系统。

在放电过程中，放电电压低于电池放电截止电压时，电池负极上的金属集流体将被溶解，给电池造成不可逆的损害。给过度放电的电池充电时会有内部短路或者漏液的可能。当电压超过放电限制电压时，BMS 会断开放电回路从而保护电池系统。

(3) 过温保护

对于过温保护，需要结合上面的热管理功能进行。电池活性在不同温度下有所不同，长时间处在高温环境下，电池材料的结构稳定性会变差，从而缩短电池的使用寿命。低温下电池活性受限会造成可用容量减小，尤其是充电容量将变得很低，同时可能产生安全隐患。BMS 能够在电池温度超过高温限制值或是低于低温限制值时，禁止进行充放电。

4. 能量控制管理

(1) 电池的充电控制管理

电池的充电控制管理是指电池管理系统在电池充电过程中对充电电压、充电电流等参数进行实时的优化控制，优化的目标包括充电时长、充电效率以及充电的饱满程度等。

(2) 电池的放电控制管理

电池的放电控制管理是指在电池的放电过程中根据电池的状态对放电电流大小进行控制。

(3) 电池的均衡控制管理

由于生产制造和工作环境的影响会造成电池单体的不一致性，在电压、容量和内阻等性质上出现差别，导致每个单体电池在实际使用过程中有效容量和充放电电量是不一样的。因此为保证电池系统的整体性能和延长使用寿命，为减少单体电池之间的差异性而对电池进行均衡控制是十分必要的。

均衡管理有助于电池容量的保持和放电深度的控制。如果没有对电池进行均衡控制，由于 BMS 的保护功能设置，就会出现某个电池单体充满电时，其他电池单体没有充满或者某个最小电量的单体电池放电截止时，其他电池还没有达到放电截止限制的现象。一旦电池出现过充或者过放，电池内部会发生一些不可道的化学反应导致电池的性质受到影响，从而影响电池的使用寿命。

1) 电池均衡技术

电池均衡技术主要有主动均衡和被动均衡两种。

a. 主动均衡

主动均衡又称为非耗散型均衡，形象说就是进行电池单体之间的能量转移。将能量高的电池单体中

的能量转移到能量低的单体上，以达到能量均衡目的。

主动均衡主要采用电容、电感、变压器等原件。以下简单以电容均衡说明其原理。电容均衡原理如图 3-2-9 所示。假设当 BT1 电池能量较高而 BT2 电池能量较低时，首先控制 K1 与 K2 闭合，BT1 电池向电容 C 充电，然后再控制 K1 与 K2 断开、K3 与 K4 闭合，电容 C 向 BT2 电池充电。

主动式均衡效率高，能量转移而不是被消耗，但结构复杂，成本高。

b. 被动均衡

被动均衡又称为耗散型均衡，利用并联电阻等方式将能量高的单体中的能量消耗至与其他单体均衡的状态，就是通过放电均衡的办法让电池组内的电池电压趋于一致，如图 3-2-10 所示。被动均衡成本低，容易实现，但会造成能量浪费。

由于主动就均衡系统成本相对较高，同时电路过于复杂，而被动均衡具有实现简单和成本低的特点，因此被动均衡依然是均衡策略的主流方式。

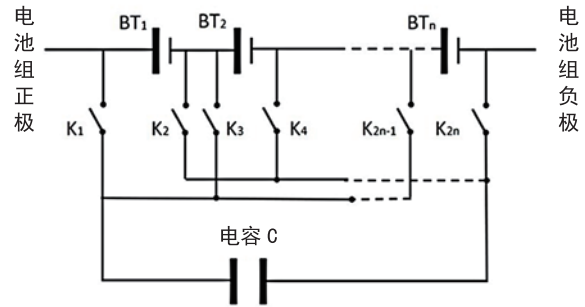


图 3-2-9 电容均衡原理

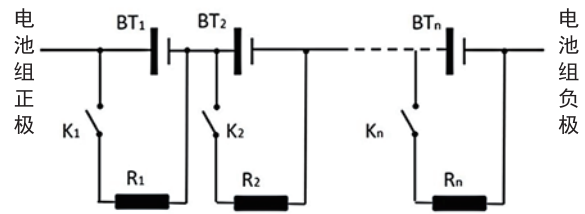


图 3-2-10 被动均衡原理

2) 均衡管理电路结构

均衡管理电路结构分为集中式均衡和分布式均衡。

a. 集中式均衡

集中式均衡是电池组内所有单体共用一个均衡器来进行均衡控制。集中式均衡通信简单直接，进行均衡速度快，。但电池单体与均衡器之间的线束排布复杂，不适合单体数量多的电池系统。

b. 分布式均衡

分布式均衡是一个或若干个电池单体专用一个均衡器，分布式均衡能够解决前者线束方面的问题，缺点是成本高。

5. 电池热平衡管理

电池系统在不同运行工况下由于其自身有一定的内阻，在输出功率、电能的同时产生一定的热量，产生的热量累积使电池温度升高，空间布置的不同使得各处电池温度并不一致。一般来说我们期望电池系统能在 15~35℃ 的区间内运行，从而实现最佳的功率输出和输入、最大的可用能量，以及最长的循环寿命。当电池温度超出其正常工作温度区间时，必须限功率工作，否则会影响电池的寿命。为了保证电池系统的电性能和寿命，动力电池系统一般设计具有热管理系统。

电池热管理系统是用来确保电池系统工作在适宜温度范围内的一套管理系统，主要由电池箱、传热介质、监测设备等部件构成。BMS 在热管理上的主要功能是对电池温度进行准确的测量和监控，在电池组温度过高时进行有效散热和通风，以保证电池组温度均匀分布。在低温的条件下，能够进行快速加热使电池组达到能够正常工作的环境。

目前动力电池系统的热管理主要可分为四类，自然冷却、风冷、液冷、直冷。其中自然冷却是被动式的热管理方式，而风冷、液冷、直冷是主动式的，这三者的主要区别在于换热介质的不同。

(1) 自然冷却

自然冷却没有额外的装置进行换热。例如 BYD 在秦，唐，宋，E6，腾势等采用 LFP 电芯的车型上都采用了自然冷却。

(2) 风冷

风冷采用空气作为换热介质。常见的有两种，如图 3-2-11 所示，第一种为直接与外部空气换热。第二种则可预先对外部空气进行加热或冷却后再进入电池系统。

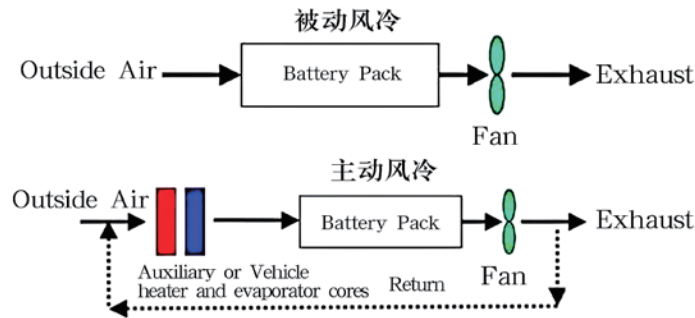


图 3-2-11 风冷

(3) 液冷

液冷采用防冻液（比如乙二醇）作为换热介质，如图 3-2-12 所示。方案中一般会有多路不同的换热回路，例如 VOLT 具有散热器回路、空调回路、PTC 回路，电池管理系统根据热管理策略进行响应调节和切换。而 TESLA Model S 有一个与电机冷却串联的回路，当电池在低温状态下需要加热时，电机冷却回路与电池冷却回路串联，电机可为电池加热。当动力电池处于高温时，电机冷却回路与电池冷却回路将被调节为并联，两套冷却系统独立散热。

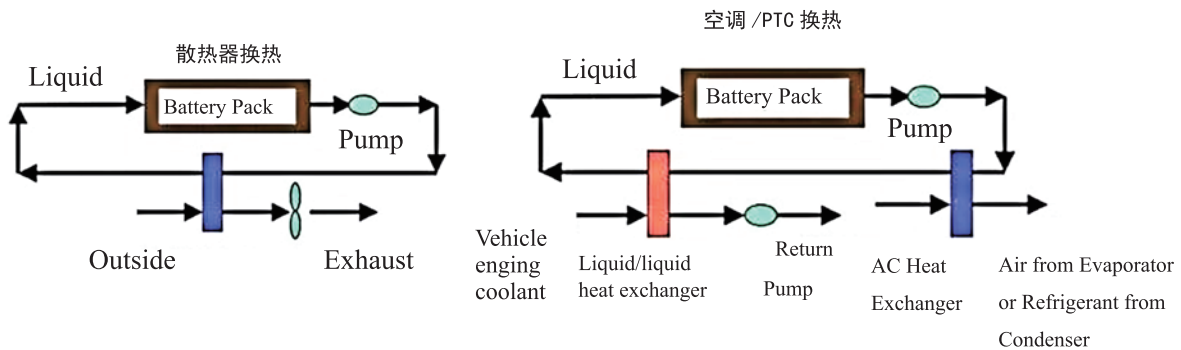


图 3-2-12 液冷

(4) 直冷

直冷采用制冷剂（变相材料）作为换热介质，如图 3-2-13 所示。制冷剂能在气液相变过程中吸收了大量的热，相比冷冻液而言换热效率可提升三倍以上，更快速的将电池系统内部的热量带走。BMW i3 中曾采用过直冷方案。

电池系统热管理方案除了需要考虑冷却效率以外还需要考虑所有电池温度的一致性。PACK 有着成百上千个电芯，而温度传感器必然无法检测到每一个电芯。例如 Tesla Model S 的一个模块中共有 444 个电芯，而布置的温度检测点仅有 2 个。因此需要通过热管理设计使得电池尽可能保持一致。并且较好的温度一致性是电池功率、寿命、SOC 等性能参数一致的前提。

VOLT 电池包中每两片电芯共用一个 Fin 片，以增大冷却装置和电池的接触面积；而在电芯另一侧采用防火隔热片与相邻电芯隔离，一方面确保热量传导的一致性，另一方面将单一电芯热失控后对周边电芯的影响降至最低。

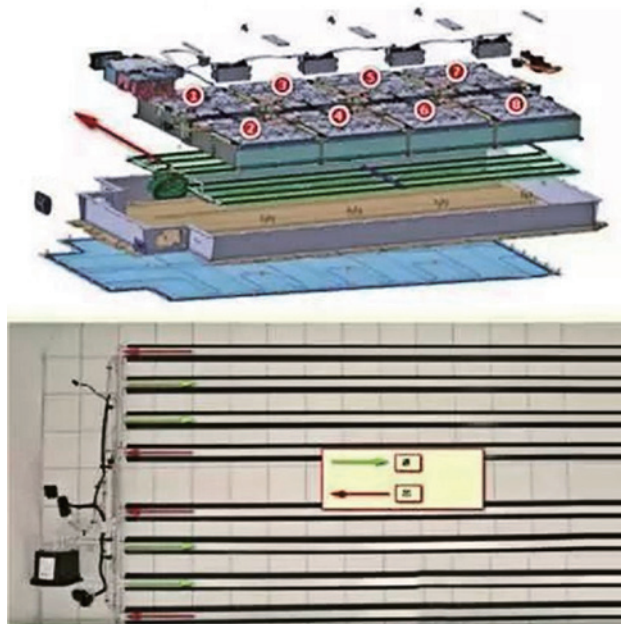


图 3-2-13 直冷

总的来看液冷技术还是目前最为主流的方式。首先是电池发展的趋势始终朝着能量密度更高的方向迈进，而高能量密度的电池在安全性上的问题就尤为需要重视，热失控后产生的负面影响会越来越大，液冷方案在换热能力、换热一致性、PACK 密封性、NVH 等方面都有着不错的表现。其次液冷在传统车上早已成熟应用，有着完善的供应链，当电池系统的设计方案和工艺稳定后成本也可得到有效控制。

7. 接触器控制

(1) 主继电器

主继电器主要包含主正继电器和主负继电器，如图 3-2-14 所示，主正继电器在电池中，主正继电器由 BMS 控制，一些车型上主负继电器由整车控制器控制。它的作用是控制回路的通断。

(2) 预充继电器与预充电阻

预充继电器与预充电阻如图所示，它们由 BMS 控制其闭合或断开。在充、放电初期需要闭合预充继电器进行预充电，例如充电初期需要给各单体电芯进行预充电，确定单体电芯无短路；放电初期需要低压、小电流给各控制器电容充电，当电容两端电压接近电池总电压时，预充完成后断开预充继电器，闭合总正继电器。

(3) 加热继电器和加热保险

如图所示为加热继电器和加热保险。由于磷酸铁锂电池高温性能好，而电池的温度会影响电池充电效果，所以磷酸铁锂电池增设了加热功能。在充电过程中当电芯温度低于设定值，BMS 控制加热继电器闭合通过保险接通加热膜电路。

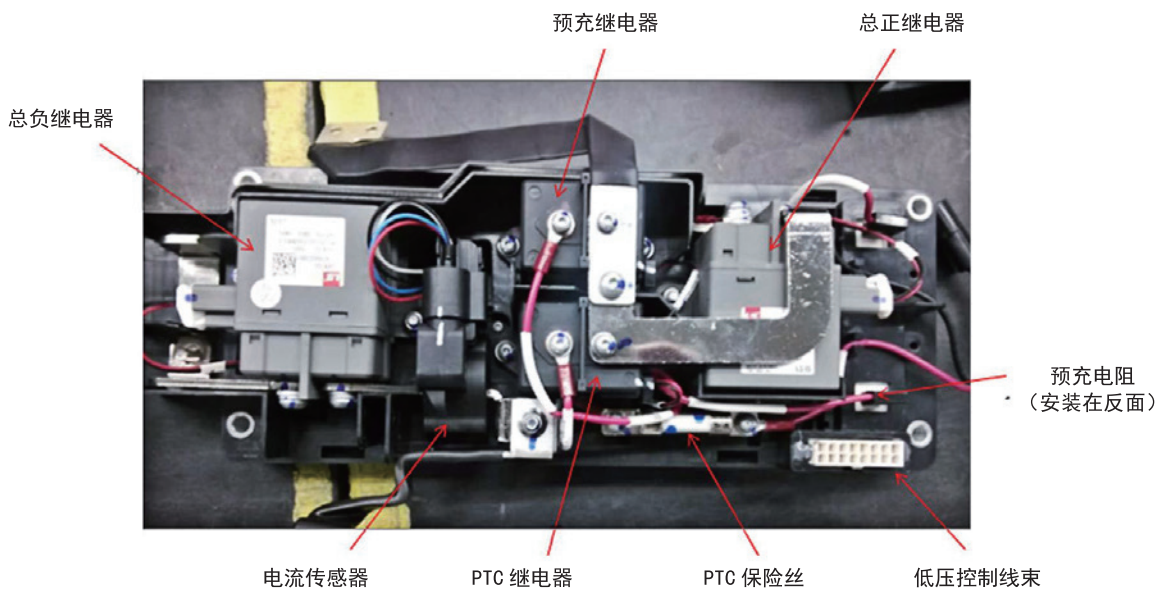


图 3-2-14 接触器

7. 电池信息管理

电池信息管理包括电池的信息显示、系统内外信息的交互和电池历史信息储存。

(1) 电池的信息显示

电池池管理系统通常通过仪表把电池状态信息出来，告知驾驶员。需要显示的信息通常包括实时电压、电流、温度信息、电池剩余电量信息和告警信息。

1) 实时电压、电流、温度信息、电池剩余电量信息显示。

实时电压、电流、温度信息、电池剩余电量信息通过仪表显示，如图 3-2-15 所示。

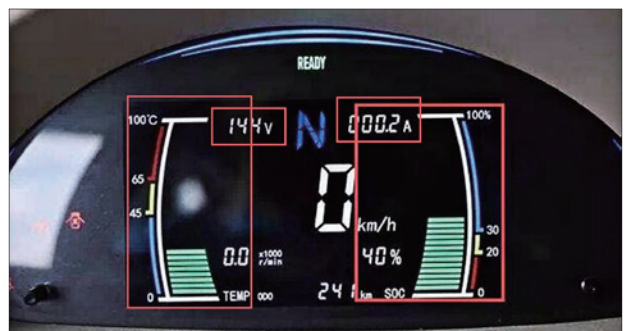


图 3-2-15 实时电压、电流、温度信息、电池剩余电量信息的显示

2) 动力蓄电池电量不足指示灯

动力蓄电池电量不足指示灯如图 3-2-16 所示，当动力蓄电池电量低于 30% 时候，该指示灯亮起。表示动力蓄电池电量不足，可能不能满足驾驶里程的需求，类似于汽油车的加油指示灯。这个时候，就需要及时充电了，当动力蓄电池电量高于 35% 时，故障灯就会熄灭。



图 3-2-16

动力蓄电池电量不足指示灯

3) 高压断开故障灯

高压断开故障灯如图 3-2-17 所示，出现这个故障灯时，车已经不能上高压了，车也不能动弹了。故障原因是电池包内部的接触器或者配电箱内的接触器已经自动断开，高压系统发生了严重故障。比如电池包被撞，电池包内的保险丝熔断，电机控制器严重故障都会导致这个故障灯点亮，老司机郑重提示：非专业人员千万不要擅自维修，呼叫维修站救援就行了。



图 3-2-17

高压断开故障灯

4) 动力电池内部故障指示灯

动力电池内部故障指示灯如图 3-2-18 所示，这个故障灯说明了故障点是电池包，这种故障灯亮起时，大部分情况下整车高压断开，车辆无法行驶。少数情况车辆可以缓慢行驶，但不能加速。导致这个故障的原因一般是电池包内部单体故障，电池包被撞，电池包内部线路接触不良。同样地，非专业人员呼叫维修站救援即可。



图 3-2-18

动力电池内部故障指示灯

5) 动力电池过热指示灯

动力电池过热指示灯如图 3-2-19 所示，这个故障灯夏天喜欢报，国内大部分品牌的电动汽车的电池包都是风冷的，很多散热保温做得不好，导致电池包“冬冷夏热”。因为充电时电池包发热较大，尤其是在夏季，热量散不出去就会出现电池包高温，导致车辆不能充电或者不能行驶。如果电池本身没问题的话，一般等车凉快了就正常了。如果是液冷型电池，就极有可能是电池冷却水泵不工作。老司机再次郑重提示：不要用泼水等方式给电池降温。



图 3-2-19

动力电池过热指示灯

6) 动力蓄电池绝缘电阻低指示灯

动力蓄电池绝缘电阻低指示灯（如图 3-2-20 所示）表示动力蓄电池绝缘性能降低，由于整车高压部分都是和动力电池并联的结构，所以全车的高压部件的绝缘都是动力电池负责检测，当故障灯亮起时有可能是动力电池内部绝缘过低，也有可能是外部高压部件绝缘过低引起的，很多时候都是长时间淋雨造成的，静放几天等车辆干燥了或许能好，如不能，只能去维修店。



图 3-2-20

动力蓄电池绝缘电阻低指示灯

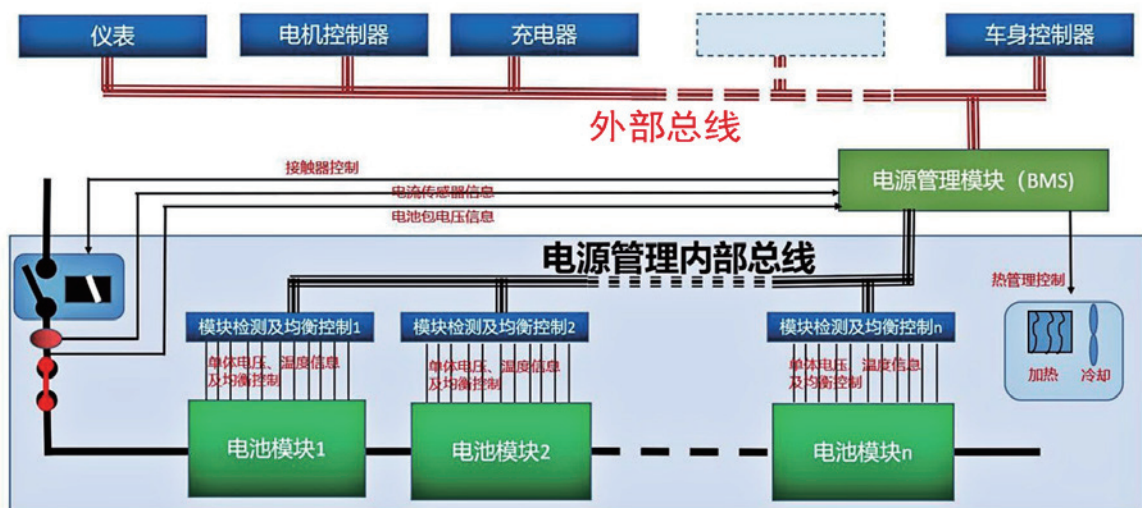


图 3-2-21 电池管理网络

(2) 系统内外信息的交互

先进的电动汽车控制，离不开车载信息通信网络。对于电池管理系统，往往同时具有内网和外网两级网络。其中内网用于传递电池管理系统的内部信息如单体电池电压、电池温度、均衡控制等；外网用于电池管理系统与整车控制器、电机控制器、仪表充电器等其他部件交互信息。典型的电池管理网络如图 3-2-21 所示。

(3) 电池历史电信息储存

历史信息储存并非电池管理系统所必需的功能，但在先进的动力电池管理系统中往往考虑这项功能。历史信息储存可以提高分析估算的精度，有助于电池状态分析，有助于故障分析和排除。

四、电池管理系统故障

1. 动力电池系统常见故障

(1) 电池电压高

故障现象：满电静置后，电池单串或几串电压明显偏高，其它单体正常。

故障原因：①采集误差；② LMU 均衡功能差或失效；③电芯容量低，充电时电压上升较快。

处理方法：①单体电压显示值较其余单体偏高，测量单体实际电压值进行比对，若实际值较显示值低，且与其它单体电压相同，则以实际值为标准对 LMU 单体电压进行校准；若测量值与显示值相符，则人工对单体电池进行放电均衡。②检查电压采样线是否断裂，虚接；③更换 LMU。

(2) 电池电压低

故障现象：满电静置后，电池单只或几只单体电压明显偏低，其它单体正常。

故障原因：①采集误差；② LMU 均衡功能差或失效；③电芯自放电率大；④电芯容量低，放电时电压下降较快。

处理方法：①单体电压显示值较其余单体偏低，测量单体实际电压值进行比对，若实际值较显示值高，且与其它单体电压相同，则以实际值为标准对 LMU 单体电压进行校准；若测量值与显示值相符，则人工对单体电池进行充电均衡。②检查电压采样线是否断裂，虚接；③更换 LMU；④对故障电池包进行更换。

(3) 单体电池压差

故障现象：分为动态压差 / 静态压差。充电时单体电压迅速至满电截止电压跳枪；踩油门时，单体电压比其它下降迅速；踩刹车时，单体电压比其它串上升迅速。

故障原因：①连接电池铜牌紧固螺母松动；②连接面有污物；③电芯自放电率大；④电芯焊接连接铜牌开焊（造成该串单体容量低）；⑤个别单体电芯漏液。

处理方法：①对螺母进行紧固；②清除连接面异物；③对单串电池进行充 / 放电均衡；④对问题电池包进行更换。

(4) 电压跳变

故障现象：车辆运行或充电时，单体电压跳变。

故障原因：①电压采集线连接点松动；② LUM 故障。

处理方法：①对连接点进行紧固；②更换 LMU。

2. 温度类故障

(1) 热管理故障

1) 加热故障（加热片）

故障现象：温度低于某一数值时，在充电时，加热不开启。

故障原因：①加热继电器或 BMU 故障；②加热片或继电器供电电路异常。

处理方法：①修复或更换加热继电器或 BMU；②检查修复供电电路。

2) 散热故障（风扇）

故障现象：温度高于某数值后，风扇未工作。

故障原因：①风扇继电器或 BMU 故障；②风扇或继电器供电电路异常。

处理方法：①修复或更换风扇继电器或 BMU 故障；②检查修复供电电路异常。

3) 温度高

故障现象：电池系统中某个或者某几个温度点偏高，运行或充电中达到报警阈值。

故障原因：①温度传感器故障；② LMU 故障；③电连接异常局部发热；④风扇未开启，散热差；

⑤靠近电机等热源；⑥过充电。

处理方法：①测量温度传感器电阻值与显示值进行比对，若实际值较显示值低，且与其它温度值相同，则以实际值为标准对 LMU 温度值进行校准；②紧固电连接点，清楚连接点异物；③确保风扇开启；④增加隔热材料与热源进行隔离；⑤暂停运营进行散热；⑥立即停止充电；⑦更换 LMU。

4) 温度低

故障现象：电池系统中某个或者某几个温度点偏低，运行或充电中达到报警阈值。

故障原因：①温度传感器故障；② LMU 故障；③局部加热片异常。

处理方法：①测量温度传感器电阻值与显示值进行比对，若实际值较显示值高，且与其它温度值相同，则以实际值为标准对 LMU 温度值进行校准；②检查修复加热片；③更换 LMU。

5) 温差

参照高低温排查方法。电芯发热差异。

3. 绝缘故障

故障原因：电池箱或插件进水，电芯漏液，环境湿度大，绝缘误报，整车其他高压部件（控制器、压缩机等）绝缘不过。

处理方法：①正极对地，如果有电压或绝缘阻值小于规定值，则判处负极电路漏电；负极对地，如果有电压或绝缘阻值小于规定值，则判处正极电路漏电。根据其漏电电压大小除以此时的单串电压值就可以计算出漏电点位，然后根据不同情况分析处理。

4. 通讯故障

LUM 通讯故障，BMU 通讯故障，整车只是 1 个或几个 LMU 信息，或整车没有 BMS 信息。

故障原因：① LMU/BMU 故障；② LMU/BMU 供电电路或通讯线路接触不良 / 故障；③信号干扰。

处理方法：①更换 LMU/BMU；②检查修复供电电路 / 通讯线路；③检屏蔽查线，查找消除干扰源。

5.SOC 异常

(1) 不准确

充电电量 ÷ 标称容量 = 充电的 SOC 若“充电的 SOC” + “剩余的 SOC”较实际显示值有偏差或者根据 SOC 与 OCV 的对应关系估算实际电量与 SOC 不对应，我们认为 SOC 不准确。

(2) 不变化

故障原因：①通讯异常（数据缺失）；②电流异常（霍尔及其输入输出电路）；③ BMU 故障；④其它电池报警。

处理方法：①确保数据完整；②修复 / 更换失效部件；③消除所有电池报警。

(3) 下降快

故障原因：①通讯周期异常②电流异常（霍尔正向电流大、反馈电流小）；③单体电压偏低，下降快；④ BMU 故障；⑤低温。

处理方法：①更新 BMU 程序；②修复 / 更换失效部件；

(4) 下降慢

故障原因：①通讯周期异常②电流异常（霍尔正向电流小、反馈电流大）③ BMU 故障。

处理方法：①更新 BMU 程序；②修复 / 更换失效部件。

(5) 跳动

确认程序版本号是否正确

6. 电流异常

故障原因：①霍尔及其输入输出电路；②霍尔反装；③直流充电时如果 BMS 需求电压或电流为 0 时，充电机按最小输出能力输出。

处理方法：①更新 BMU 程序；②修复 / 更换失效部件。



第三节 北汽新能源高野管理系统

一、电池及电池模组

北汽新能源电池包如图 3-3-1 所示，内部高压系统原理如图 3-3-2 所示。

目前北汽新能源电池组由多个供货商供应，有普莱德动力电池、国轩高科动力电池、宁德时代动力电池等等比较多就不一一举例，不管哪家电池结构原理大同小异，以下仅以普莱德动力 EV160 电池为列为大家详细介绍。

普莱德 EV160 电池由 10 个模组串联而成，每个模组又由 10 个电芯串联而成，所以全车共计 100 块单体电芯。电池管理系统采用惠州亿能公司产的电池管理系统。



图 3-3-1 北汽新能源电池包

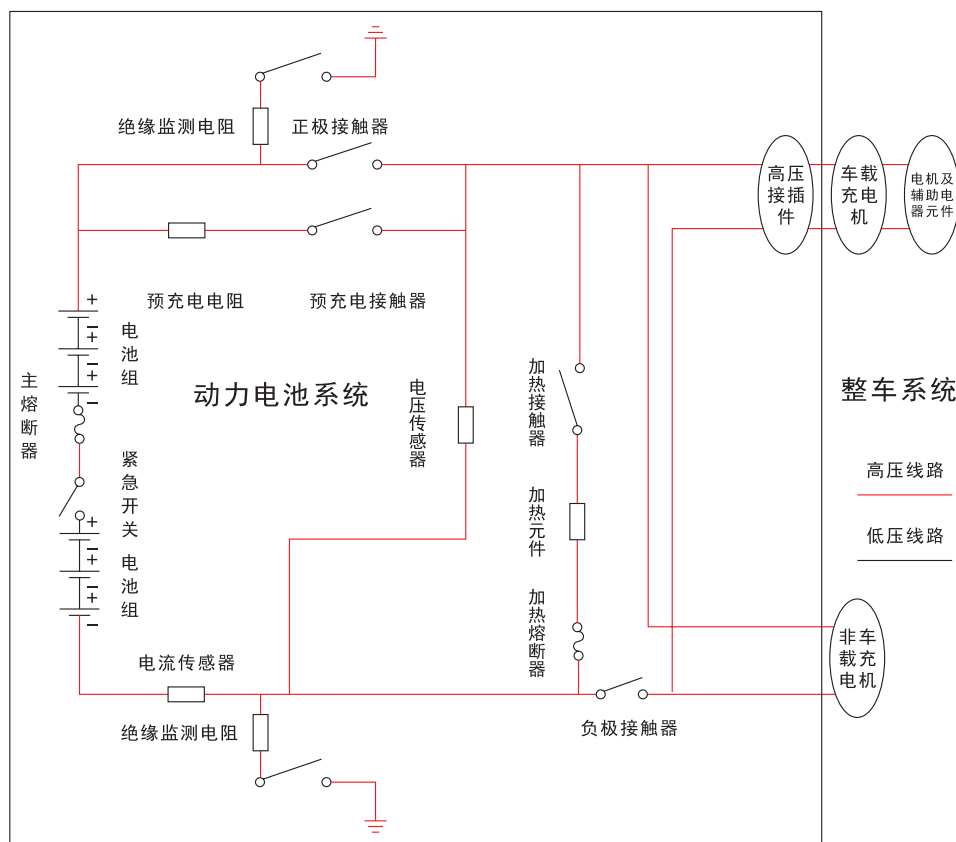


图 3-3-2 内部高压系统原理图

目前北汽新能源电池组由多个供货商供应，有普莱德动力电池、国轩高科动力电池、宁德时代动力电池等等比较多就不一一举例，不管哪家电池结构原理大同小异，以下仅以普莱德动力 EV160 电池为列为大家详细介绍。

普莱德 EV160 电池由 10 个模组串联而成，每个模组又由 10 个电芯串联而成，所以全车共计 100 块单体电芯。电池管理系统采用惠州亿能公司产的电池管理系统。

二、电源管理系统

电源管理系统（BMS）的功能是：通过电压、电流及温度检测等功能实现对动力电池系统的过压、欠压、过流、过高温和过低温保护，继电器控制、SOC 估算、充放电管理、均衡控制、故障报警及处理、与其他控制器通信功能等功能；此外电池管理系统还具有高压回路绝缘检测功能，以及为动力电池系统加热功能。

惠州亿能公司产的电池管理系统为分布式管理系统其中 BMU（如图 3-3-3 所示）主要负责采集单体电芯的电压和模组的温度通过 CAN 线把信息传给 BCU（如图 3-3-4 所示），整个电池包共有两个 BMU，分别负责检测 5 个模组的单体电压和温度及均衡控制。同时电池管理系统还有一个 HMU（如图 3-3-5 所示）主要负责动力电池的总电压总电流的检测以及整车高压系统的绝缘检测。



图 3-3-3 BMU



图 3-3-4 BCU



图 3-3-5 HMU

三、信息采集

1. 电流传感器

北汽新能源汽车 EV160 采用无感分流式电流传感器，如图 3-3-6 所示，主要特点是成本低结构简单可靠，无感分流器主要利用构造上的特点，将电流产生的磁场互相抵消，减小分流器的电感值。

2. 电池温度传感器

目前市面上动力电池大多数采用 NTC 式温度传感器，此种温度传感器在采集数据后采用 LIN 网络方式将采集数据发送至 BMU，每组电芯共用一个温感（如图 3-3-7 所示），每个 BMU 管理五个模组，所以共计 10 个温感，而后由 BMU 将采集到的数据通过 CAN 网络发送给到 BCU 主控板上。

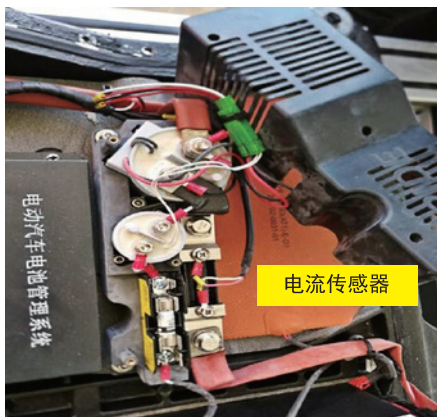


图 3-3-6 EV160 无感分流式电流传感器



图 3-3-7 模组温度传感器

3. 单体电池数据采集

每个单体的电压采集如图 3-3-8 所示，每两根线采集一个单体的电压。采集的数据直接进入 BMU 内部，也就是说单体电芯的电压采集由 BMU 负责，电池内部共计两个 BMU，每个 BMU 负责 50 个单体电芯电压的采集。



图 3-3-8 单体电压采集

四、电池冷却系统

北汽 EV160 动力电池冷却系统采用自然风冷式冷区系统，结构简单稳定。

五、绝缘监测回路

动力电池系统的绝缘值分为两个，一个是正极与外壳的绝缘值，另一个是负极与外壳的绝缘值。在接触器断开条件下，两个值分别由检测电阻进行检测如图 3-3-9 所示。当正对地绝缘阻值及负对地绝缘阻值均大于等于 $500\ \Omega/V$ 为合格，小于 $500\ \Omega/V$ 为不合格。

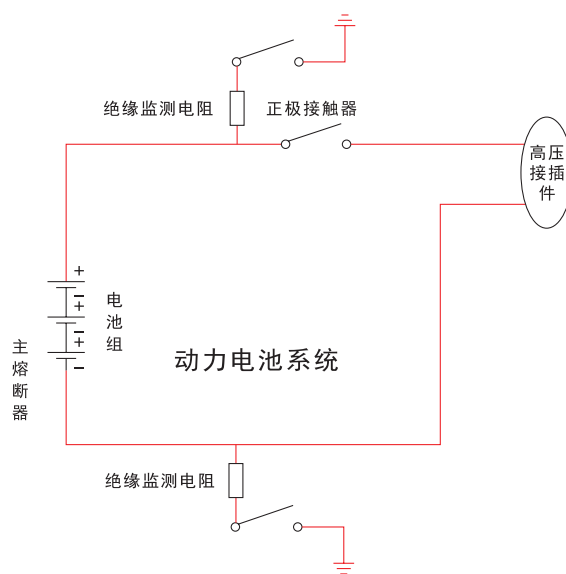


图 3-3-9 绝缘监测回路

六、BMS 功能及端子（端子）

普莱德动力电池采用惠州亿能电池管理系统有限公司生产的板子，主要由 BCU 主板、HMU 高压板和 2 个 BMU 从板组成其针脚定义如图 3-3-10、3-3-11、3-3-12 所示。

新能源 CANH	屏蔽线	快充CANH	内部CANH	主板					加热继电器	附件12V-	附件12V+	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
新能源 CANH	屏蔽N	快充CANH	内部CANH	屏蔽V	12V-	预充继电器	总正继电器	低压12V-	EMS唤醒	低压12V+		

图 3-3-10 BCU 主板端子定义

内部总负			内部总正	高压板		电热传感器 CUR-	屏蔽地	内部CANH	12V-
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
外部总负			外部总正			电流传感器 CUR-		内部CANH	12V+

图 3-3-11 HMU 高压板端子定义

温感信号	温感供电		屏蔽	从板					12V-
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
温感屏蔽	温感供电				内部CANH				12V-

图 3-3-12 BMU 从板端子定义（不包括 5 个模块单体电压采集端子）

六、故障级别及对整车的影响

1. 三级故障

(1) 级别描述

表明动力电池性能下降，电池管理系统降低最大允许充/放电电流，动力电池上报该故障对整车无影响或不同程度的造成整车进入限功率行驶状态，动力电池正常工作状态可能上报该故障，BMS 一旦上报该故障表明动力电池处于极限环境温度下或单体电池一致性出现一定劣化等。

(2) 故障内容

三级故障内容表 3-3-1 所示。

表 3-3-1 三级故障内容

故障名称	故障编码	对整车的影响	恢复条件
温度过高故障	P1043	行车模式：放电功率降为当前状态的 50%。	重新上电
绝缘电阻过低	P1047	上报不处理	
电压不均衡	P1046	行车模式：放电功率降为当前状态的 40%。	
单体电压欠压	P1040		
温度不均衡	P1045	上报不处理	
放电过流	P1042	行车模式：放电功率降为当前状态的 50%。	

2. 二级故障

(1) 级别描述

表明动力电池在此状态下功能已经丧失，请求其他控制器停止充电或者放电；其他控制器应在一定的延时时间内响应动力电池停止充电或放电请求。动力电池上报该故障会造成整车进入跛行、暂时停止能量回馈、停止充电，动力电池正常工作下不会上报该故障，BMS 一旦上报该故障表明动力电池某些硬件出现故障或动力电池处于非正常工作的条件下。

其他控制器响应动力电池二级故障的延时时间建议少于 60s，否则会引发动力电池上报一级故障。

(2) 故障内容

二级故障内容表 3-3-2 所示。

表 3-3-2 二级故障内容

故障名称	故障编码	对整车的影响
单体电压欠压	P0269	行车模式：限功率至放电电流 25A
BMS 内部通讯故障	P0279	行车模式：限功率至放电电流 25A，“最大允许充电电流”调整为 0； 充电模式：发送请求停止充电，如果上报故障后 2 秒钟内未收到响应，BMS 主动断开高压继电器或加热继电器。
BMS 硬件故障	P0284	
BMS 与车载充电机通信故障	P0283	车载充电模式：请求停止充电，或请求停止加热，如果上报故障后 2 秒钟内未收到响应，BMS 主动断开高压继电器或加热继电器。
温度过高	P0258	行车模式：限功率至放电电流 25A，“最大允许充电电流”调整为 0。
绝缘电阻过低	P0276	行车模式：限功率至放电电流 25A，“最大允许充电电流”调整为 0； 充电模式：发送请求停止充电，如果上报故障后 2 秒钟内未收到响应，BMS 主动断开高压继电器或加热继电器。
加热元件故障	P0281-1	充电模式：请求停止加热，如果上报故障后 2 秒钟内未收到响应，BMS 主动断开加热继电器。

3. 一级故障

(1) 级别描述

表明动力电池在此状态下功能已经丧失，请求其他控制器立即（1s 内）停止充电或放电。如果其他控制器在指定时间内未作出响应，电池管理系统将在 2s 后主动停止充

电或放电（即断开高压继电器）。动力电池上报该故障一段时间后会造整车出现安全事故如起火、爆炸、触电等，动力电池在正常工作下不会上报该故障，BMS 一旦上报该故障表明动力电池处于严重滥用状态。

(2) 故障内容

三级故障内容表 3-3-3 所示。

表 3-3-3 三级故障内容

故障名称	故障编码	对整车的影响
单体电压过压	P0004	行车模式：电池放电电流降为 0，断高压，无法行车；车载充电：请求停止充电 / 停止加热，主正、主负继电器断开；直流快充：发送 BMS 终止充电，主正、主负继电器断开。
电池外部短路（放电过流）	P0006	
温度过高	P0007	
电池内部短路	P0014	



第四节 比亚迪高压电源管理系统

一、电池及电池组

1. 电池组结构

比亚迪新能源纯电动汽车的动力电池包部分采用磷酸铁锂电池，但是由于磷酸铁锂电池能量密度较三元锂电池低，所以比亚迪新出的车型基本全部采用三元锂电池。不管电池包采用何种电芯但是它的管理系统和数据采集单元依然是相同的。

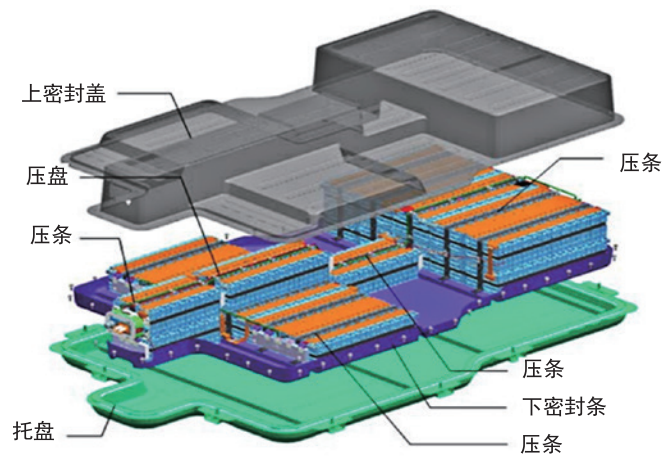


图 3-4-1 电池包结构

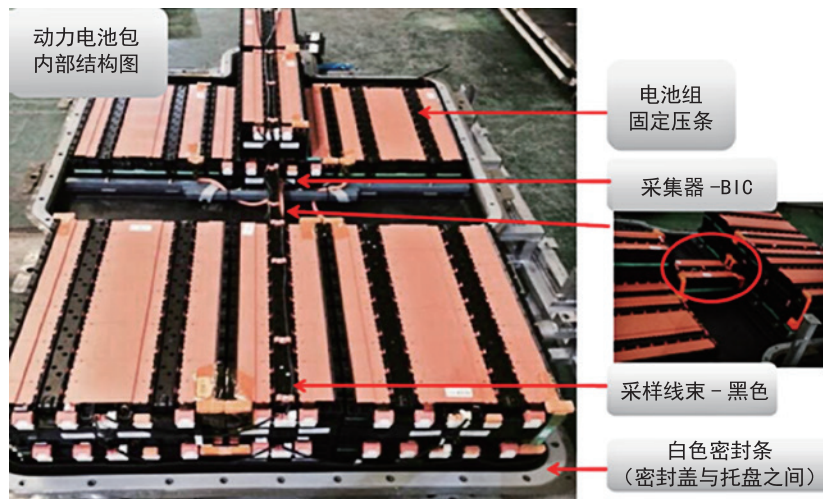


图 3-4-2 动力电池内部

以下以比亚迪 2016 款秦 EV300 为例进行说明。2016 款秦 EV300 采用的就是磷酸铁锂电池，电池包结构如图 3-4-1 所示。

电池包由 13 个电池组串联，每个电池组有一个管理系统称之为 BIC，共计 13 个 BIC，如图 3-4-2 所示。

13 组电池模组在电池包内排布为上下两层，如图 3-4-3 所示。在 6#、10# 电池模组上各有一个分压接触器和保险，在 13# 电池组输出端有 1 个正极接触器，在 1# 电池组输出端有 1 个负极接触器。在动力电池组内部还有采样线束、电池模组连接片和链接电缆等。

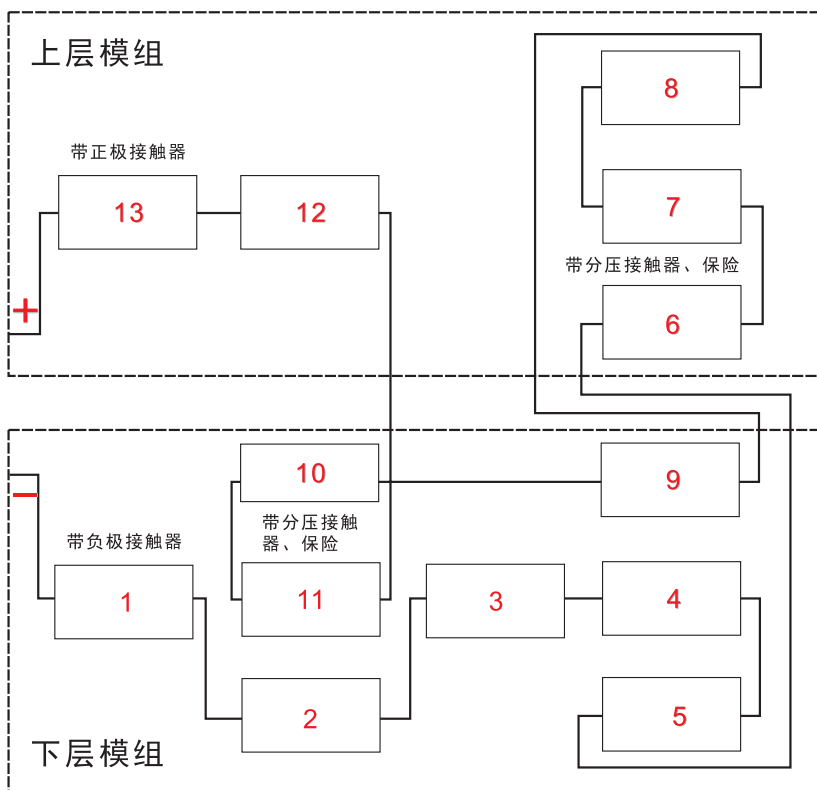


图 3-4-3 电池模组连接方式

2. 电池模组

(1) 电池模组的组成

电池模块由单体电池、单体连接片、电压采集线束、温度采集器、模组引出片、面板、中间层板、保护盖、扎带等组成，在 6#、10# 模组上还有分压接触器和保险，在 1#、13# 模组上还有负极接触器和正极接触器。

带接触器的模组如图 3-4-4 所示，不带接触器的模组如图 3-4-5 所示。

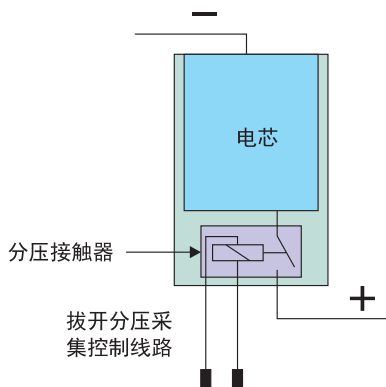


图 3-4-4 带接触器的模组

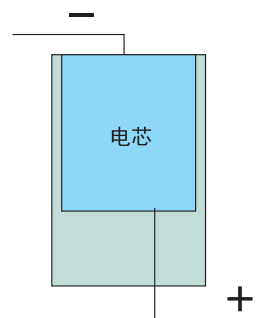


图 3-4-5 不带接触器的模组

(2) 电池模块的类型

电池模组有两种类型：单列模组结构和双列模组结构，分别如图 3-4-6 和图 3-4-7 所示。

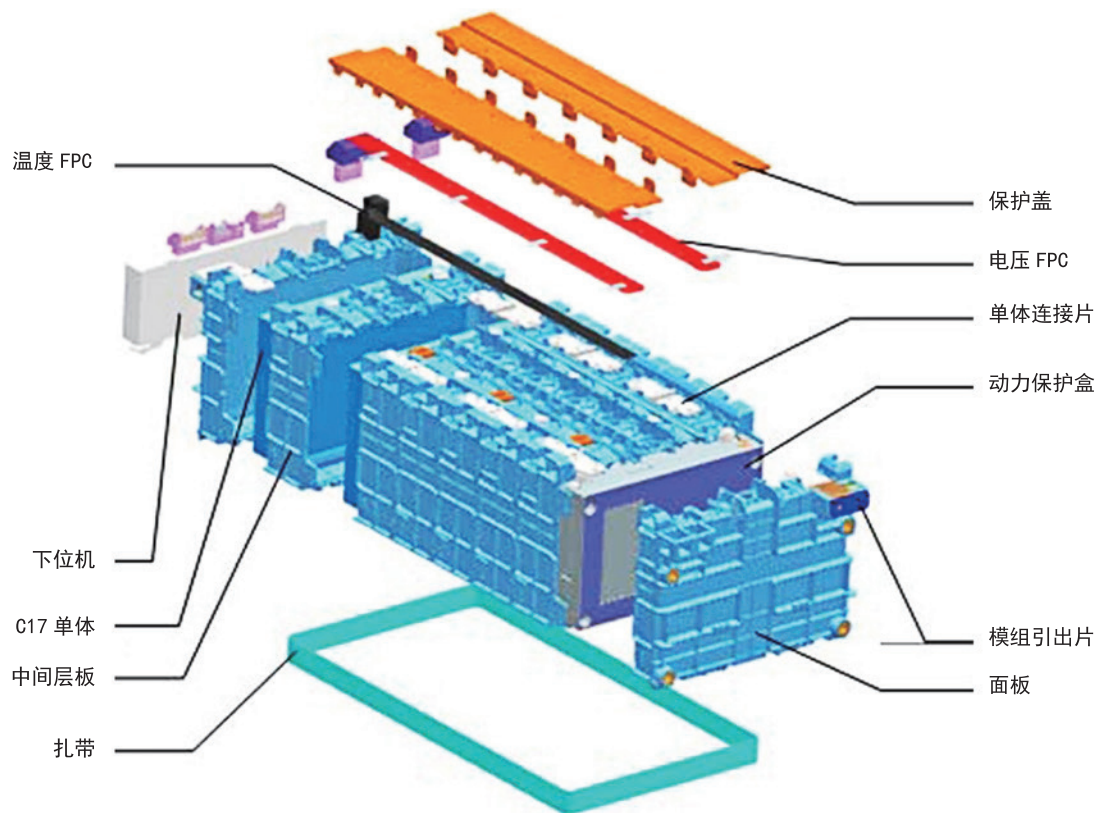


图 3-4-6 单列模组结构

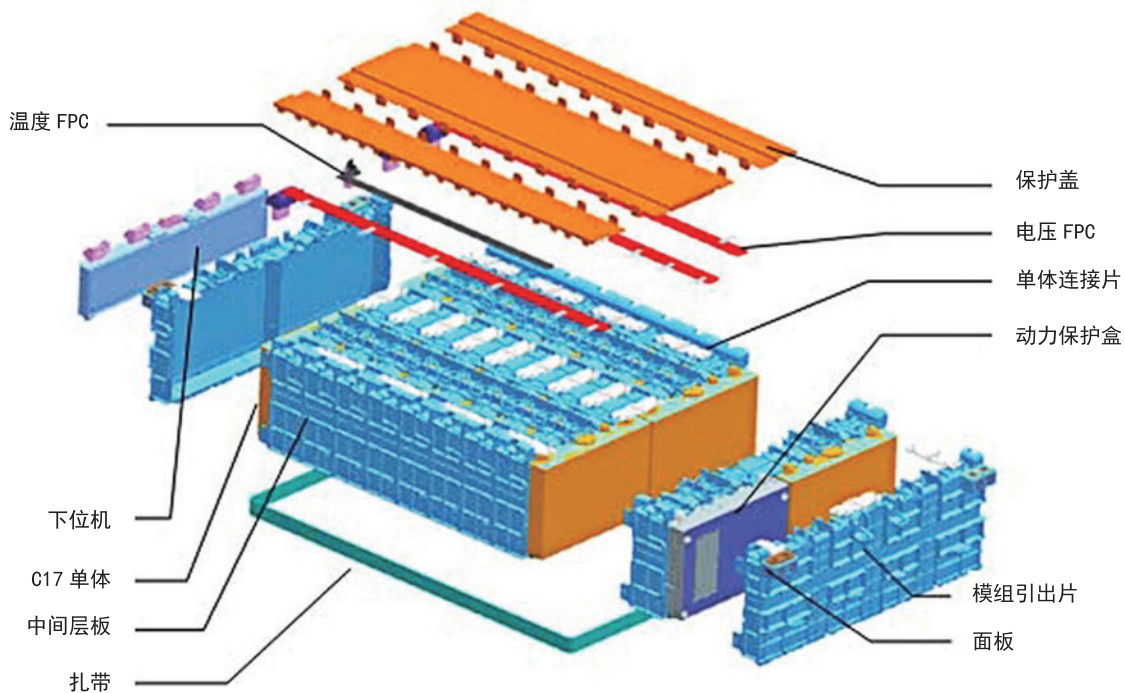


图 3-4-7 双列模组结构

(3) 采集器 BIC

在电池模组尾端装有信息采集器 BIC，单列模组结构和双列模组结构的 BIC 如图 3-4-8 和 3-4-9 所示。采集器 BIC 的作用是采集电池模组的单体电压、模组温度及电池均衡控制。采集器 BIC 通过电压采集线进行单体电压采集和均衡控制，通过温度采集线进行温度采集，通过采样线束（如图 3-4-10 所示）与 BMC 进行通讯。BIC 上的采样线束连接如图 3-4-11 所示，其采样线束端子含义如图 3-4-12 所示。电池包上采样线束的连接如图 3-4-13 所示，端子含义如图 3-4-14 所示。

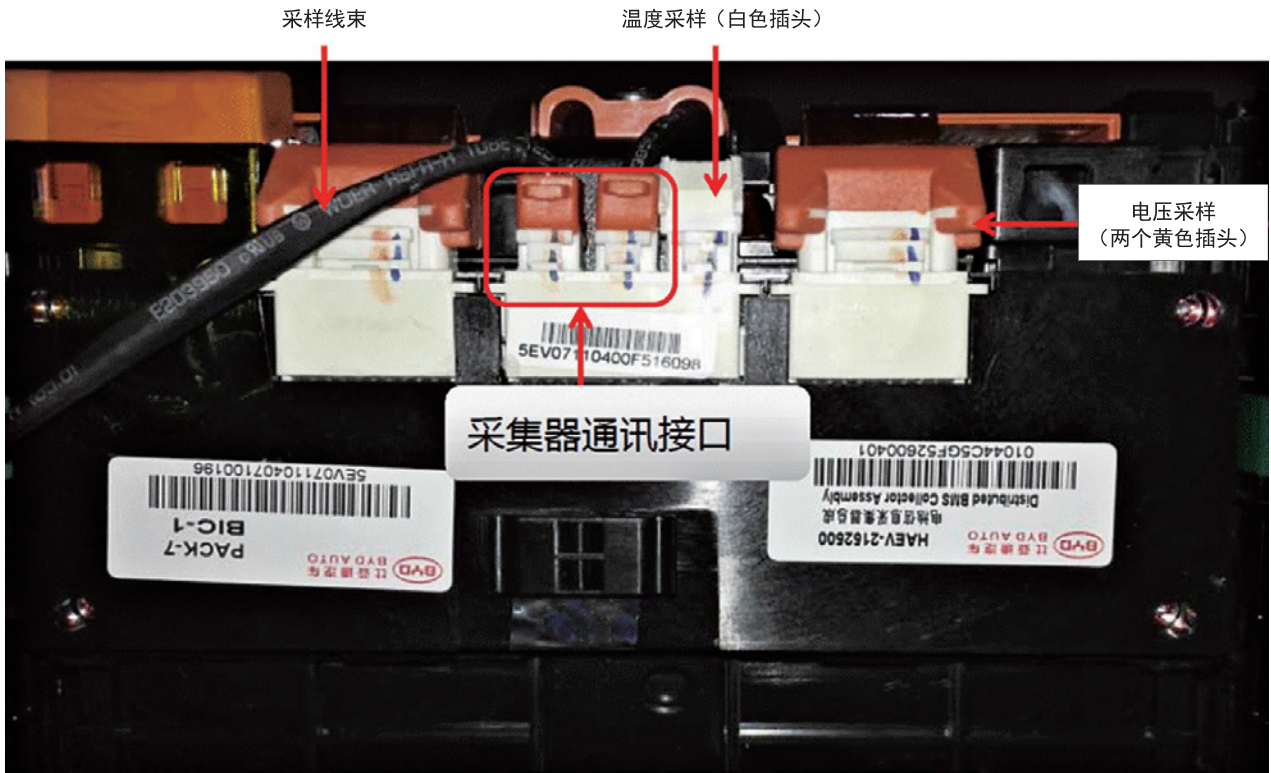


图 3-4-8 单列模组结构 BIC

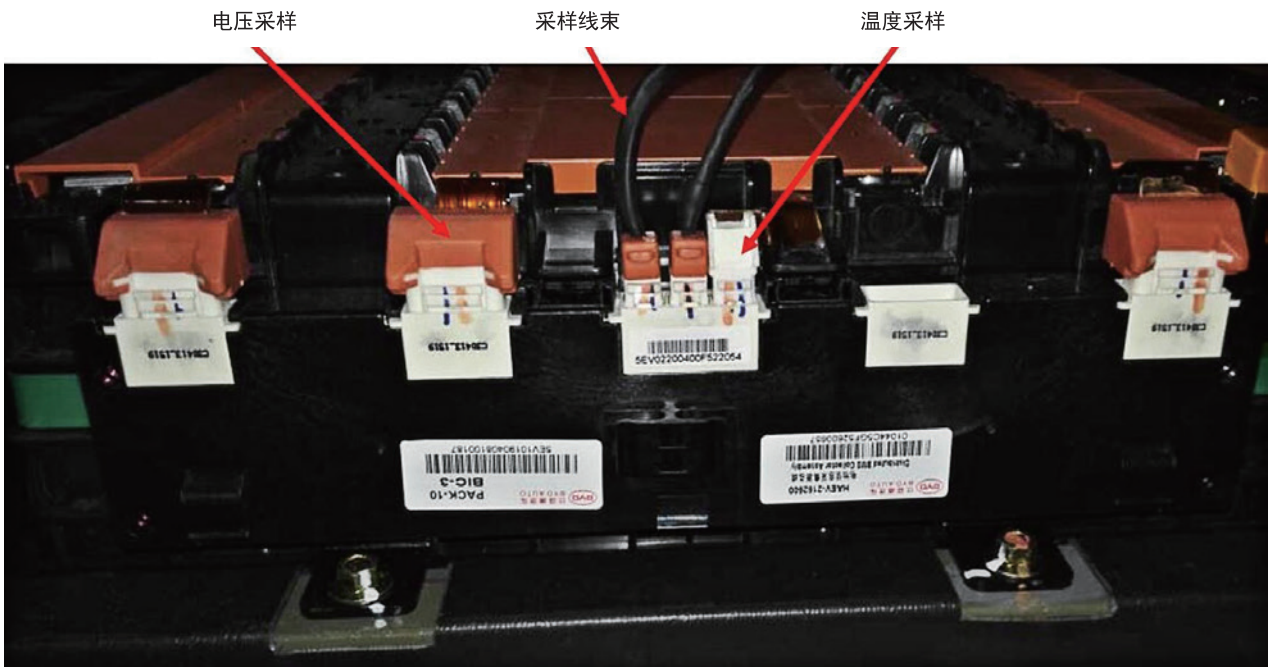


图 3-4-9 双列模组结构 BIC

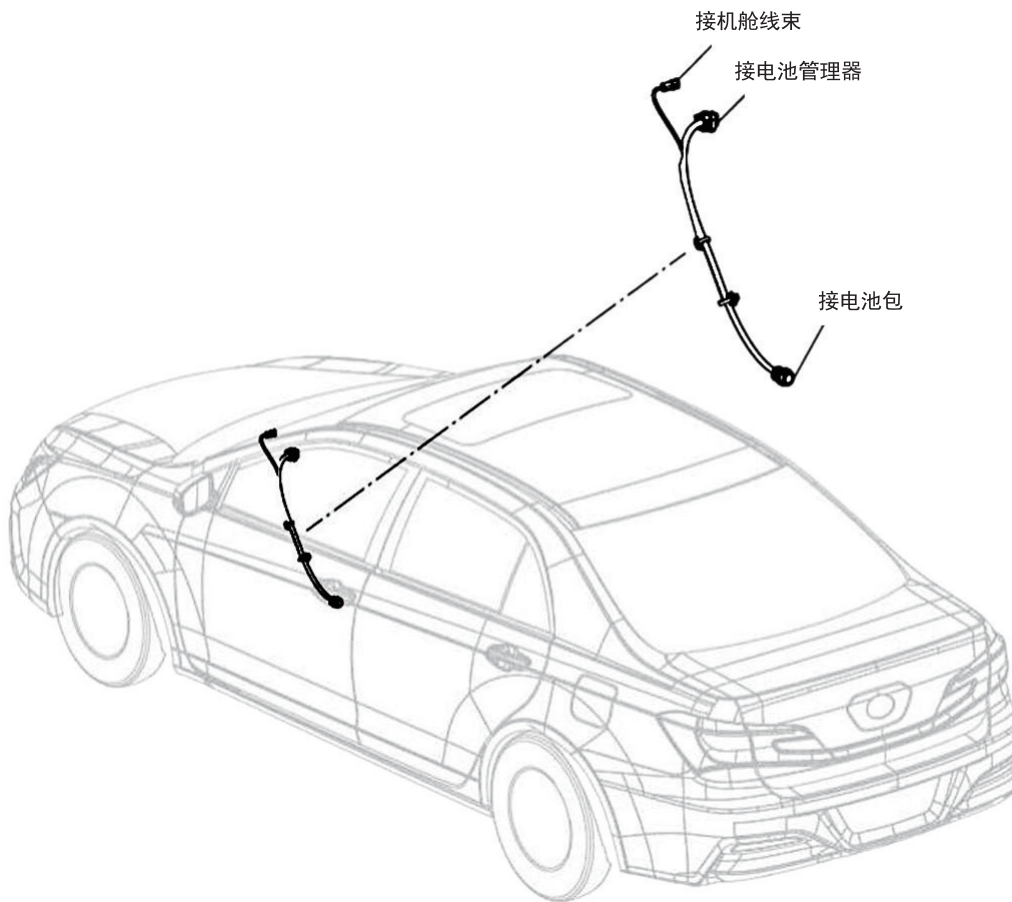


图 3-4-10 采样线束位置

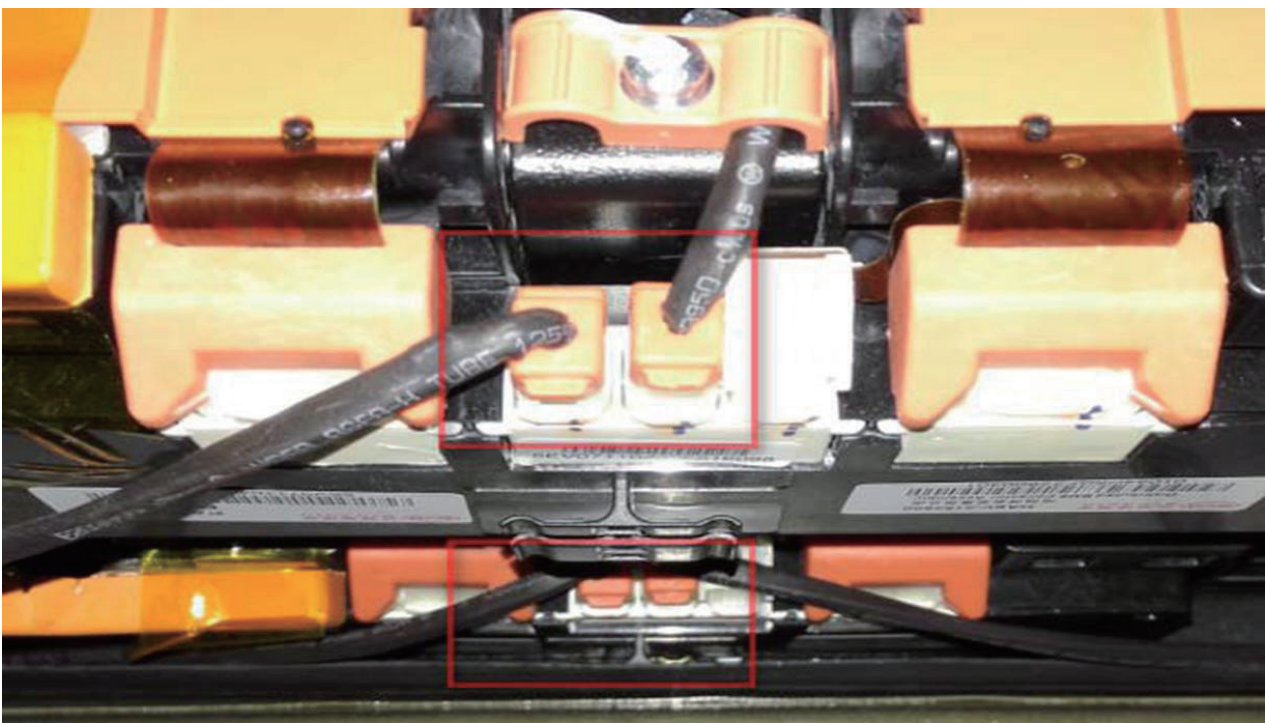


图 3-4-11 BIC 上的采样线束连接



P2 插件针脚定义	
脚位	定义
1	CAN 高
7	CAN 高
3	CAN 低
9	CAN 低
5	CAN 终端 1
11	CAN 终端 2
2	屏蔽地
8	屏蔽地
10	电源地
4	电源地
6	电源正
12	电源正

图 3-4-12 BIC 上采样线束端子含义

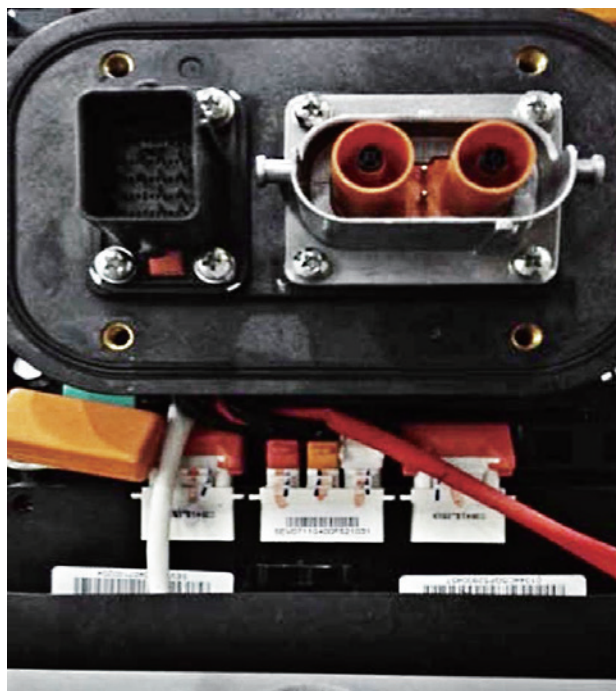


图 3-4-13 电池包上的采样线束连接

3. 电池的冷却

电池冷却采用自然风冷，结构简单。

三、电池管理控制器

1. 结构及功能

比亚迪秦 EV300 采用分布式电池管理系统 BMS，由 1 个电池管理控制器（BMC）和 13 个电池信息采集器（BIC）及 1 套动力电池采样线组成。BMC 如图 3-4-15 所示，安装在高压电控总成后部，如图 3-4-16 所示。

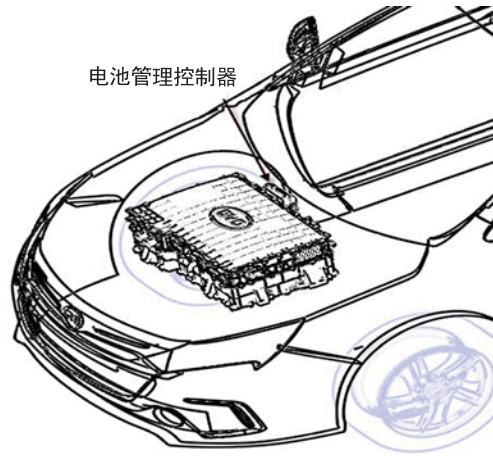


图 3-4-16 电池管理控制器 BMC 位置

电池管理控制器的主要实现充 / 放电管理、接触器控制、功率控制、电池异常状态报警和保护、SOC/SOH 计算、自检以及通讯功能等；电池信息采集器的主要功能有电池电压采样、温度采样、电池均衡、采样线异常检测等；动力电池采样线的主要功能是连接电池管理控制器和电池信息采集器，实现二者之间的通讯及信息交换。电池管理控制器 BCM 通过总线与其他控制单元进行通讯。电池管理控制器 BCM 工作原理框架如图 3-4-17 所示。

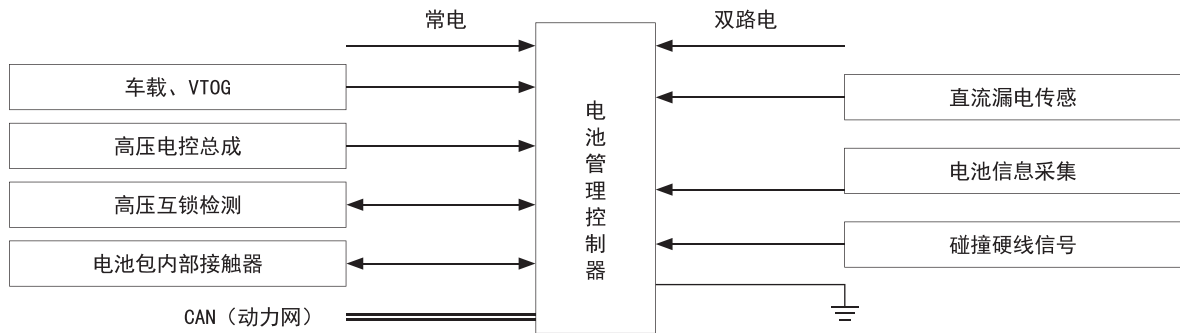


图 3-4-17 BMC 工作原理框架

2. BMS 主要检测数据

分布式 BMS 控制器监测主要数据有：动力电池电压数据、动力电池电流数据、动力电池温度数据、碰撞漏电数据等，检测与处理措施如表 3-4-1、3-4-2、3-4-3、3-4-4 所示。

表 3-4-1 动力电池电压数据监测

序号	名称	电池工作状态	警报	措施
1	动力电池电压	放电状态	单节电池电压过低严重报警	1、大功率设备（主电机、空调压缩机和 PTC）停止放电； 2、延迟 10S 切断主接触器，断开负极接触器； 3、仪表灯亮； 4、仪表显示报警信息。
2			单节电池电压过低一般报警	1、大功率设备（电机、空调压缩机和 PTC）降低当前电流，限功率工作； 2、仪表显示报警信息。 3、电压为 2.5V 时，SOC 修正为 0
3		充电状态	单节电池电压过高一般报警	1、禁止动力电池进行充电。 2、仪表显示报警信息。 3、电压为 3.8V 时，SOC 修正为 100 4、电机能量回馈禁止
4			单节电池电压过高严重报警	1、延迟 10 秒，断开充电接触器，断开负极接触器，禁止充电。 2、仪表灯亮。 3、仪表显示报警信息。

表 3-4-2 动力电池电流数据监测

序号	名称	电池工作状态	警报	措施
1	动力电池电流	电池放电电流	过流报警	1) 要求大功率用电设备(电机、空调压缩机和 PTC)降低电流,限功率工作; 2) 如果在过流报警发出后, 电流依然在过流状态并持续 10s。断开主接触器, 禁止放电。
2		电池充电电流		1) 电流在过流状态持续 10s, 断开充电接触器, 禁止充电。
3		回馈充电电流		1) 要求电机控制器限制回馈充电电流; 2) 如果发出过流报警后, 电流依然处于过流状态并持续 10s。断开主接触器。

表 3-4-3 动力电池温度数据监测

序号	名称	电池工作状态	警报	措施
1	动力电池电压	充放电状态下	电池组过热严重报警	1、充电设备关断充电. 直到清除报警; 2、大功率设备(驱动电机、空调压缩机和 PTC) 停止用电; 3、延迟 10s 切断主接触器, 负极接触器; 4、仪表灯亮; 5、仪表显示报警信息。
2			电池组过热一般报警	1、充电设备强低当前充电电流; 2、大功率设备(驱动电机、空调压缩机和 PTC) 降低当前电流; 3、仪表显示报警信息。
3		充放电状态下	电池组低温一般报警	1、限功率充电; 2、仪表显示报警信息。
4			电池组严重低温报警	1、限功率充电; 2、仪表显示报警信息。

表 3-4-4 碰撞漏电数据监测

序号	名称	电池工作状态	警报	措施
1	碰撞保护	充、放电状态下	碰撞故障	接收碰撞信号 立即断开主接触器、分压接触器
2		充放电状态下	正常	$R > 500 \Omega/V$
3			一般漏电报警	$100 \Omega/V$ $< R \leq 500 \Omega/V$
4	动力电池漏电	充放电状态下	严重漏电报警	$R > 100 \Omega/V$ 行车中: 仪表灯亮, 立即断开主接触器、分压接触器。 停车中: 1、禁止上电; 2、仪表灯亮. 报动力系统故障。 充电中: 1、断开交流充电接触器、分压接触器; 2、仪表灯亮. 报动力系统故障。

3. 电流传感器

电流传感器安装在高压电控总成内, 为霍尔式, 如图 3-4-18 所示, 其电路如图 3-4-19 所示。其线束直接和 BMC 相连, 向 BMC 传递电流信息。

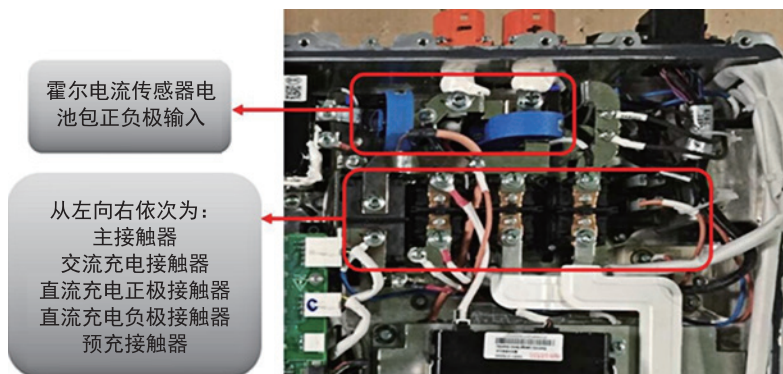


图 3-4-18

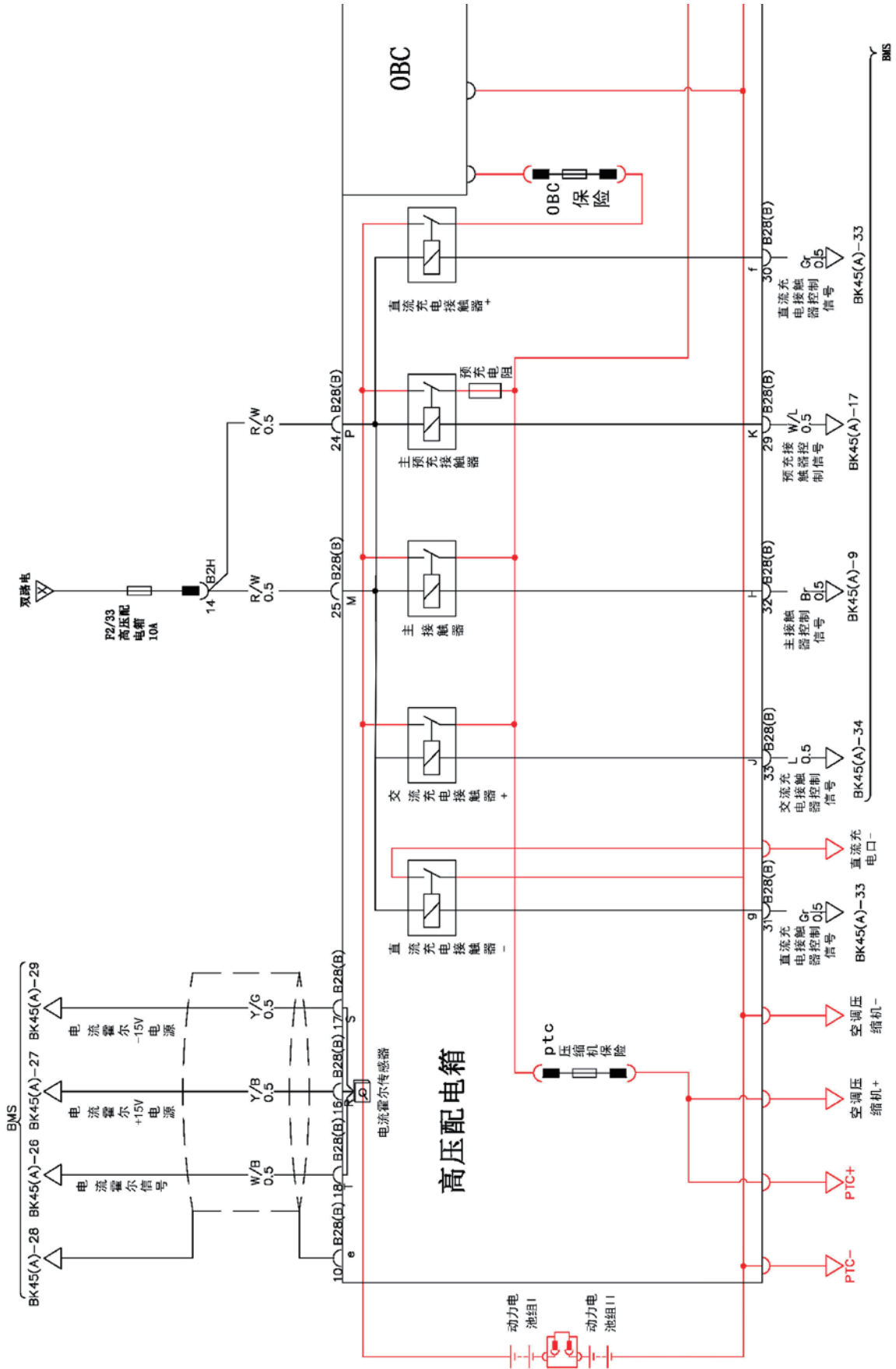


图 3-4-19 高压电控总成内的电流传感器及接触器电路

4. 接触器控制

在比亚迪秦 EV300 上接触器由 9 个，均有由 BMC 直接控制。9 个接触器分别在电池包上和高压电控总成内的高压配电箱上。在电池包上的接触器有正极接触器、负极接触器和两个分压接触器，如图 3-4-3 所示；在高压电控总成内的高压配电箱上的接触器有主接触器、主预充接触器、直流充电接触器（+）、交流充电接触器（+）、交流充电接触器（-）如图 3-4-18 所示，电路如图 3-4-19 所示。

5. 漏电传感器

漏电传感器安装在高压电控总成内，电路如图 3-4-20 所示。具体原理在第二章已经阐述。

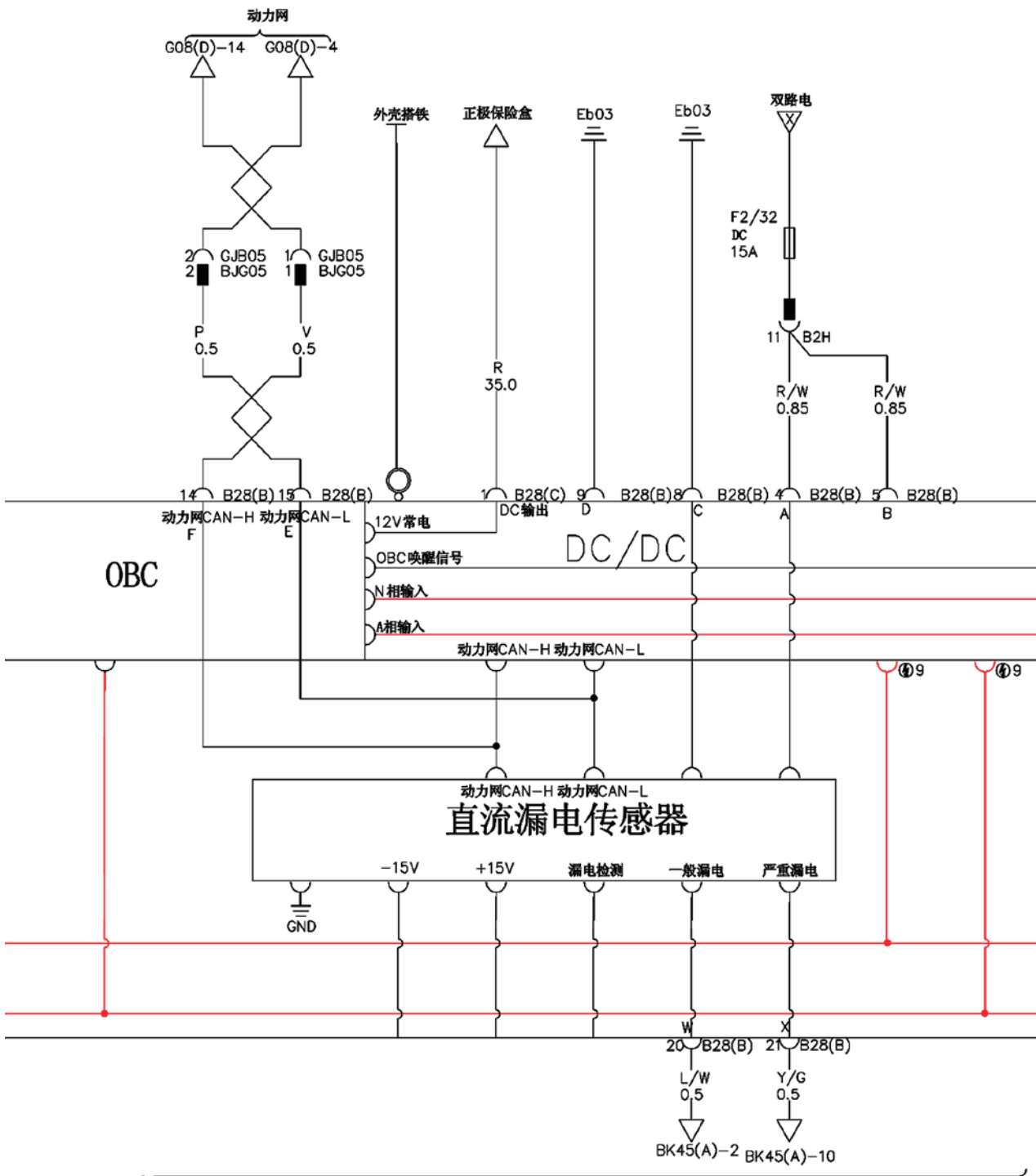


图 3-4-20 漏电传感器电路

6.BMS 电路

BMS 电路如图 3-4-21、3-4-22 所示。

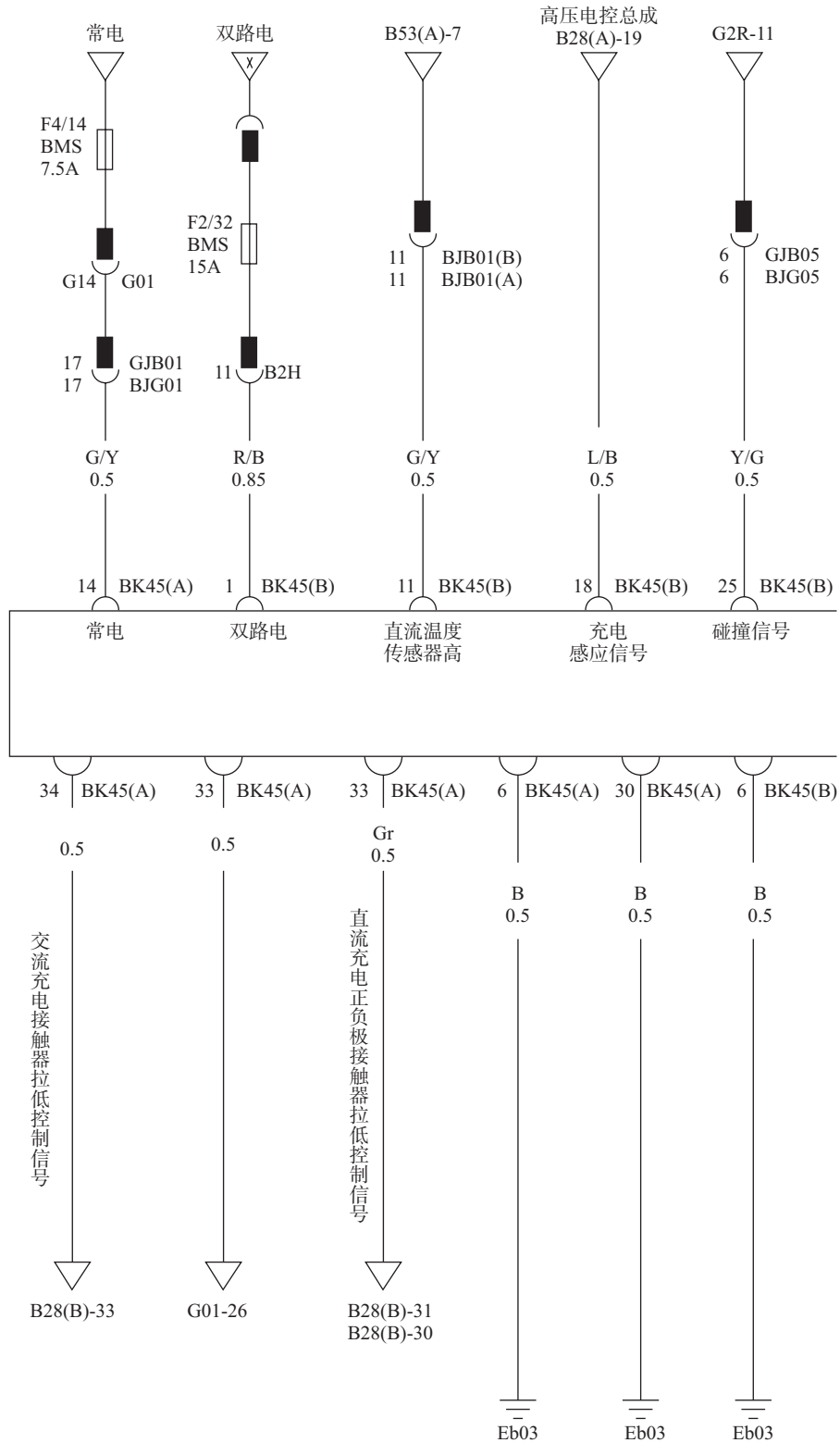


图 3-4-21 BMS 电路 (1)

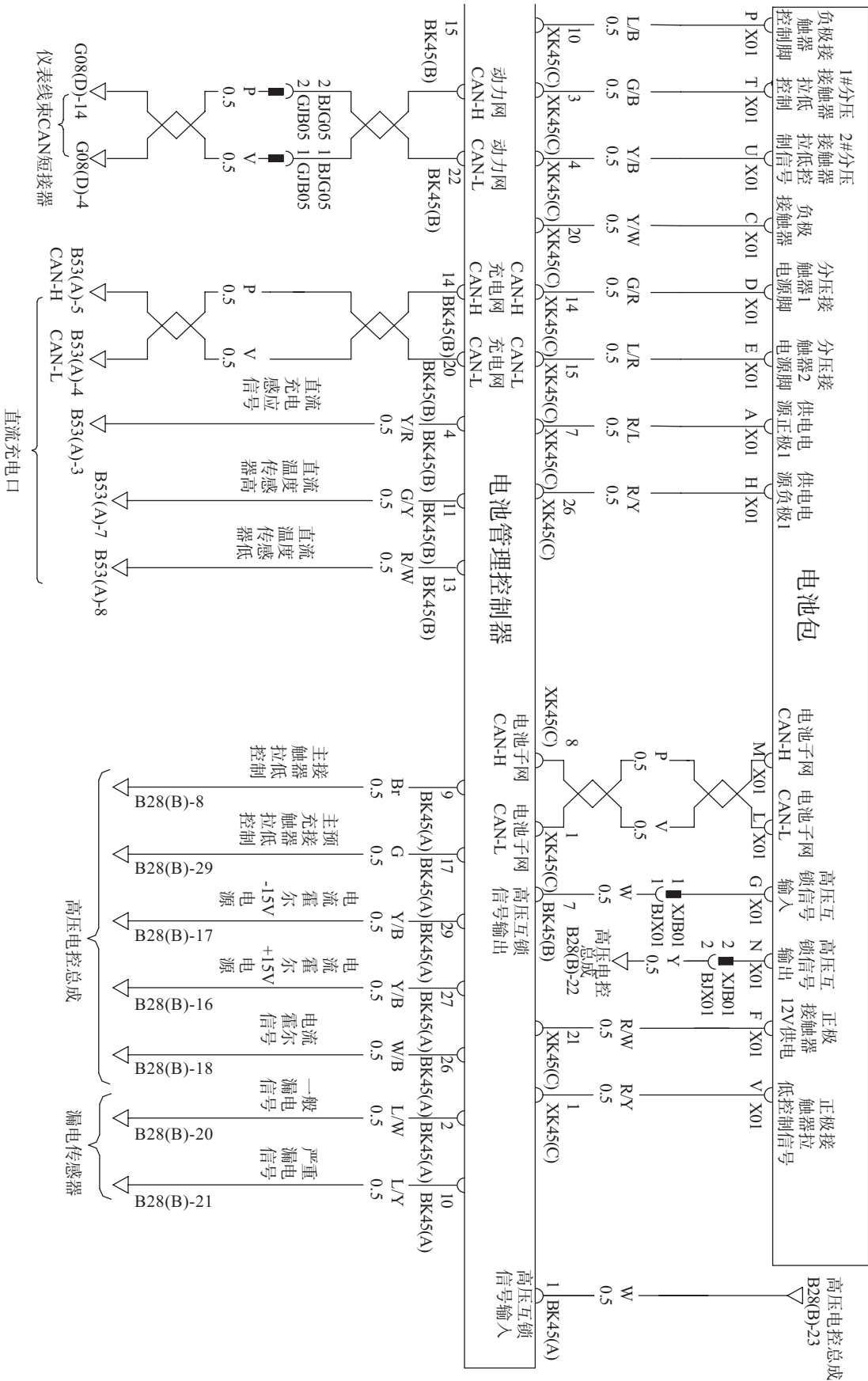


图 3-4-22 BMS 电接 (2)

7. BMC 端子及含义

BMS 端子如图 3-4-23 所示，BMC01 插头主要控制高压配电箱内部接触器，为电源、充电指示灯、高压互锁、霍尔电流信号、充放电接触器控制信号、漏电信号等端子，端子含义如表 3-4-5 所示；BMC02 插头为电源、漏电信号、高压互锁、交流直流充电口信号、整车 CAN、直流充电口 CAN 等端子，端子含义如表 3-4-6 所示；BMC03 插头主要控制采集动力电池 BIC 信息、控制动力电池内部接触器，为采集器 CAN/ 电源、电池包内部接触器等端子，端子含义如表 3-4-7 所示。

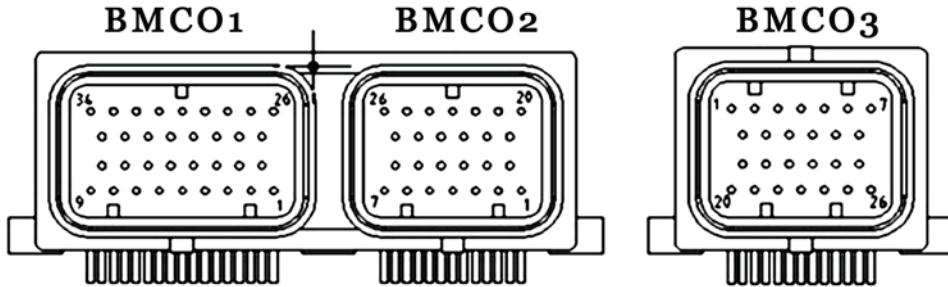


图 3-4-23 BMS 端子

表 3-4-5 BMC01 端子含义

连接端子	端子描述	线色	条件	正常值
BMC01-1~GND	高压互锁输出信号	W	ON 档 /OK 档 / 充电	PWM 脉冲信号
BMC01-2~GND	一般漏电信号	L/W	一般漏电	小于 1V
BMC01-6~GND	整车低压地	B	始终	小于 1V
BMC01-9~GND	主接触器拉低控制信号	Br	整车上高压电	小于 1V
BMC01-10~GND	严重漏电信号	Y/G	严重漏电	小于 1V
BMC01-14~GND	12V 蓄电池正	G/R	ON 档 /OK 档 / 充电	9 ~ 16V
BMC01-17~GND	预充接触器拉低控制信号	W/L	预充过程中	小于 1V
BMC01-26~GND	直流霍尔信号	W/B	电源 ON 档	0-4.2V
BMC01-27~GND	电流霍尔 +15V	Y/B		9 ~ 16V
BMC01-28~GND	直流霍尔屏蔽地	Y/G		
BMC01-29~GND	电流霍尔 -15V	R/G	ON 档 /OK 档 / 充电	-16 ~ -9V
BMC01-30~GND	整车低压地	B	始终	小于 1V
BMC01-31~GND	仪表充电指示灯信号	G	充电时	
BMC01-33~GND	直流充电正、负极接触器拉低控制信号	Gr		小于 1V
BMC01-34~GND	交流充电接触器控制信号	G/W	始终	小于 1V

表 3-4-6 BMC02 端子含义

连接端子	端子描述	线色	条件	正常值
BMC02-1~GND	12VDC 电源正	R/B 电源	ON 档 / 充电	11-14V
BMC02-4~GND	直流充电感应信号	Y/R	充电时	CC2
BMC02-G~GND	整车低压地	B	始终	
BMC02-7~GND	高压互锁输入信号	W	ON 档 /OK 档 / 充电	PWM 脉冲信号
BMC02-11~GND	直流温度传感器高	G/Y	ON 档 /OK 档 / 充电	2.5 ~ 3.5V
BMC02-13~GND	直流温度传感器低	R/W		
BMC02-14~GND	直流充电口 CAN2H	P		
BMC02-15~GND	整车 CAN1H	P	ON 档 /OK 档 / 充电	1.5 ~ 2.5V
BMC02-16~GND	整车 CAN 屏蔽地			
BMC02-18~GND	VTOG/ 车载感应信号	L/B	充电时	小于 1V
BMC02-20~GND	直流充电口 CAN2L	V	直流充电是	
BMC02-21~GND	直流充电口 CAN 屏蔽地	始终	小于 1V	
BMC02-22~GND	整车 CANH	V	ON 档 /OK 档 / 充电	1.5 ~ 2.5V
BMC02-25~GND	碰撞信号	Y/G	启动	约 -15V

表 3-4-7 BMC03 端子含义

连接端子	端子描述	线色	条件	正常值
BMC03-1~GND	采集器 CANL	V	ON 档 /OK 档 / 充电	1.5 ~ 2.5V
BMC03-2~GND	采集器 CAN 屏蔽地		始终	小于 1V
BMC03-3~GND	1# 分压接触器拉低控制信号	G/B		小于 1V
BMC03-4~GND	2# 分压接触器拉低控制信号	Y/B		小于 1V
BMC03-7~GND	BIC 供电电源正	R/L	ON 档 /OK 档 / 充电	9 ~ 16V
BMC03-8~GND	采集器 CANH	P	ON 档 /OK 档 / 充电	2.5 ~ 3.5V
BMC03-10~GND	负极接触器拉低控制信号	L/B	接触器吸合时	小于 1V
BMC03-11~GND	正极接触器拉低控制信号	R/G	接触器吸合时	小于 1V
BMC03-14~GND	1# 分压接触器 12V 电源	G/R	ON 档 /OK 档 / 充电	9 ~ 16V
BMC03-15~GND	2# 分压接触器 12V 电源	L/R	ON 档 /OK 档 / 充电	9 ~ 16V
BMC03-20~GND	负极接触器 12V 电源	Y/W	ON 档 /OK 档 / 充电	9 ~ 16V
BMC03-21~GND	正极接触器 12V 电源	R/W	ON 档 /OK 档 / 充电	9 ~ 16V
BMC03-26~GND	采集器电源地	R/Y	ON 档 /OK 档 / 充电	

四、BMS 故障码及检查措施

BMS 故障码及检查措施如表 3-4-8 所示。

表 3-4-8 BMS 故障码

DTC	描述	应检查部位
P1A000	严重漏电故障	检查动力电池、高压电控总成、空调压缩机和 PTC
P1A0100	一般漏电故障	检查动力电池、高压电控总成、空调压缩机和 PTC
P1A0200	BIC1 工作异常故障	采集器 1
P1A0300	BIC2 工作异常故障	采集器 2
P1A0400	BIC3 工作异常故障	采集器 3
P1A0500	BIC4 工作异常故障	采集器 4
P1A0600	BIC5 工作异常故障	采集器 5
P1A0700	BIC6 工作异常故障	采集器 6
P1A0800	BIC7 工作异常故障	采集器 7
P1A0900	BIC8 工作异常故障	采集器 8
P1A0A00	BIC9 工作异常故障	采集器 9
P1A0B00	BIC10 工作异常故障	采集器 10
P1A9800	BIC11 工作异常故障	采集器 11
P1A9900	BIC12 工作异常故障	采集器 12
P1A9A00	BIC13 工作异常故障	采集器 13
P1A0C00	BIC1 电压采样异常故障	池模组 1; 软件会自己屏蔽掉, 无需处理, 若无法屏蔽则需更换电池模组
P1A0D00	BIC2 电压采样异常故障	池模组 2; 软件会自己屏蔽掉, 无需处理, 若无法屏蔽则需更换电池模组
P1A0E00	BIC3 电压采样异常故障	池模组 3; 软件会自己屏蔽掉, 无需处理, 若无法屏蔽则需更换电池模组
P1A0F00	BIC4 电压采样异常故障	池模组 4; 软件会自己屏蔽掉, 无需处理, 若无法屏蔽则需更换电池模组
P1A1000	BIC5 电压采样异常故障	池模组 5; 软件会自己屏蔽掉, 无需处理, 若无法屏蔽则需更换电池模组
P1A1100	BIC6 电压采样异常故障	池模组 6; 软件会自己屏蔽掉, 无需处理, 若无法屏蔽则需更换电池模组
P1A1200	BIC7 电压采样异常故障	池模组 7; 软件会自己屏蔽掉, 无需处理, 若无法屏蔽则需更换电池模组
P1A1300	BIC8 电压采样异常故障	池模组 8; 软件会自己屏蔽掉, 无需处理, 若无法屏蔽则需更换电池模组
P1A1400	BIC9 电压采样异常故障	池模组 9; 软件会自己屏蔽掉, 无需处理, 若无法屏蔽则需更换电池模组
P1A1500	BIC10 电压采样异常故障	池模组 10; 软件会自己屏蔽掉, 无需处理, 若无法屏蔽则需更换电池模组
P1AA200	BIC11 电压采样异常故障	池模组 11; 软件会自己屏蔽掉, 无需处理, 若无法屏蔽则需更换电池模组
P1AA300	BIC12 电压采样异常故障	池模组 12; 软件会自己屏蔽掉, 无需处理, 若无法屏蔽则需更换电池模组
P1AA400	BIC13 电压采样异常故障	池模组 13; 软件会自己屏蔽掉, 无需处理, 若无法屏蔽则需更换电池模组
P1A2000	BIC1 温度采样异常故障	采集器 1
P1A2100	BIC2 温度采样异常故障	采集器 2
P1A2200	BIC3 温度采样异常故障	采集器 3
P1A2300	BIC4 温度采样异常故障	采集器 4

DTC	描述	应检查部位
P1A2400	BIC5 温度采样异常故障	采集器 5
P1A2500	BIC6 温度采样异常故障	采集器 6
P1A2600	BIC7 温度采样异常故障	采集器 7
P1A2700	BIC8 温度采样异常故障	采集器 8
P1A2800	BIC9 温度采样异常故障	采集器 9
P1A2900	BIC10 温度采样异常故障	采集器 10
P1AAC00	BIC11 温度采样异常故障	采集器 11
P1AAD00	BIC12 温度采样异常故障	采集器 12
P1AAE00	BIC13 温度采样异常故障	采集器 13
P1A2A00	BIC1 均衡电路故障	采集器 1
P1A2B00	BIC2 均衡电路故障	采集器 2
P1A2C00	BIC3 均衡电路故障	采集器 3
P1A2D00	BIC4 均衡电路故障	采集器 4
P1A2E00	BIC5 均衡电路故障	采集器 5
P1A2F00	BIC6 均衡电路故障	采集器 6
P1A3000	BIC7 均衡电路故障	采集器 7
P1A3100	BIC8 均衡电路故障	采集器 8
P1A3200	BIC9 均衡电路故障	采集器 9
P1A3300	BIC10 均衡电路故障	采集器 10
P1AB600	BIC11 均衡电路故障	采集器 11
P1AB700	BIC12 均衡电路故障	采集器 12
P1AB800	BIC13 均衡电路故障	采集器 13
P1A3400	预充失败故障	检查动力电池、高压配电箱、电机控制器与 DC 总成、空调压缩机和 PTC 和高压线束、漏电传感器
P1A3500	动力电池单节电压严重过高	动力电池
P1A3600	动力电池单节电压一般过高	动力电池
P1A3700	动力电池单节电压严重过低	动力电池
P1A3800	动力电池单节电压一般过低	动力电池
P1A3900	动力电池单节温度严重过高	动力电池
P1A3A00	动力电池单节温度一般过高	动力电池
P1A3B00	动力电池单节温度严重过低	动力电池
P1A3C00	动力电池单节温度一般过低	动力电池
P1A3D00	负极接触器回检故障	电池管理器低压线束、高压电控总成
P1A3E00	主接触器回检故障	电池管理器低压线束、高压电控总成
P1A3F00	预充接触器回检故障	电池管理器低压线束、高压电控总成
P1A4000	充电接触器回检故障	电池管理器低压线束、高压电控总成
P1A4100	主接触器烧结故障	
P1A4200	负极接触器烧结故障	电池包
P1A4300	电池管理器 +15V 供电过高故障	电池管理器、蓄电池
P1A4400	电池管理器 +15V 供电过低故障	电池管理器、蓄电池
P1A4500	电池管理器 -15V 供电过高故障	电池管理器、蓄电池
P1A4600	电池管理器 -15V 供电过低故障	电池管理器、蓄电池

DTC	描述	应检查部位
P1A4700	交流充电感应信号断线故障高压	电控总成、电池管理器、低压线束
P1A4800	主电机开盖故障	高压电控总成
P1A4900	高压互锁自检故障	电池管理器、高压电控总成、低压线束
P1A4A00	高压互锁一直检测为高信号故障	电池管理器、高压电控总成、低压线束
P1A4B00	高压互锁一直检测为低信号故障	电池管理器、高压电控总成、低压线束
P1A4C00	漏电传感器失效故障	漏电传感器、低压线束、电池管理器
P1A4D00	电流霍尔传感器故障	霍尔传感器
P1A4E00	电池组过流告警	整车电流过大、霍尔传感器故障
P1A4F00	电池管理系统初始化错误	电池管理器
P1A5000	电池管理系统自检故障	电池管理器
P1A5100	碰撞硬线信号 PWM 异常告警（预留）	安全气囊 ECU、低压线束、电池管理器
P1A5200	碰撞系统故障（预留）	安全气囊 ECU、低压线束、电池管理器
P1A5500	电池管理器 12V 电源输入过高	蓄电池
P1A5600	电池管理器 12V 电源输入过低	蓄电池
P1A5700	大电流拉断接触器	整车电流过大、霍尔传感器故障
P1A5800	放电回路故障（预留）	/
P1A5900	与高压电控器通讯故障	高压电控总成、低压线束
P1A5A00	与漏电传感器通讯故障	漏电传感器、低压线束
P1A5B00	与气囊 ECU 通讯故障	气囊 ECU、低压线束
P1A5C00	分压接触器 1 回检故障	分压接触器、模组采样通讯线
P1A5D00	分压接触器 2 回检故障	分压接触器、模组采样通讯线
U20B000	BIC1CAN 通讯超时故障	采集器、CAN 线
U20B100	BIC2CAN 通讯超时故障	采集器、CAN 线
U20B200	BIC3CAN 通讯超时故障	采集器、CAN 线
U20B300	BIC4CAN 通讯超时故障	采集器、CAN 线
U20B400	BIC5CAN 通讯超时故障	采集器、CAN 线
U20B500	BIC6CAN 通讯超时故障	采集器、CAN 线
U20B600	BIC7CAN 通讯超时故障	采集器、CAN 线
U20B700	BIC8CAN 通讯超时故障	采集器、CAN 线
U20B800	BIC9CAN 通讯超时故障	采集器、CAN 线
U20B900	BIC10CAN 通讯超时故障	采集器、CAN 线
U20BA00	BIC11CAN 通讯超时故障	采集器、CAN 线
U20BB00	BIC12CAN 通讯超时故障	采集器、CAN 线
U20BC00	BIC13CAN 通讯超时故障	采集器、CAN 线
U029700	有感应信号但没有车载报文故障	车载充电器、低压线束
U012200	有感应信号但没有启动 BMS 报文故障（低压 BMS）	蓄电池、低压线束
P1A6000	高压互锁故障	电池管理器、高压电控总成、低压线束



第五节 帝豪 EV540 电动汽车动力电池管理系统

帝豪 EV540 动力电池采用三元锂电池（Lithium Ion Battery）：以钴酸锂、锰酸锂或镍酸锂等化合物为正极，以可嵌入锂离子的碳材料为负极，使用有机电解质。动力电池总成安装在车体下部，动力电池的组成部件包括：各模组总成、CSC 采集系统、电池控制单元（BMU）、电池高压分配单元（B-BOX）等部件。

一、基本组成

1. 电池组

帝豪 EV540 动力电池规格有 150Ah、126Ah 两种规格，其额定电压 346 V，额定功率 50 kW，峰值功率 150kW，电池组工作电压范围 266 ~ 408.5 V。安装在前、后座椅底盘下方，如图 3-5-1 所示。

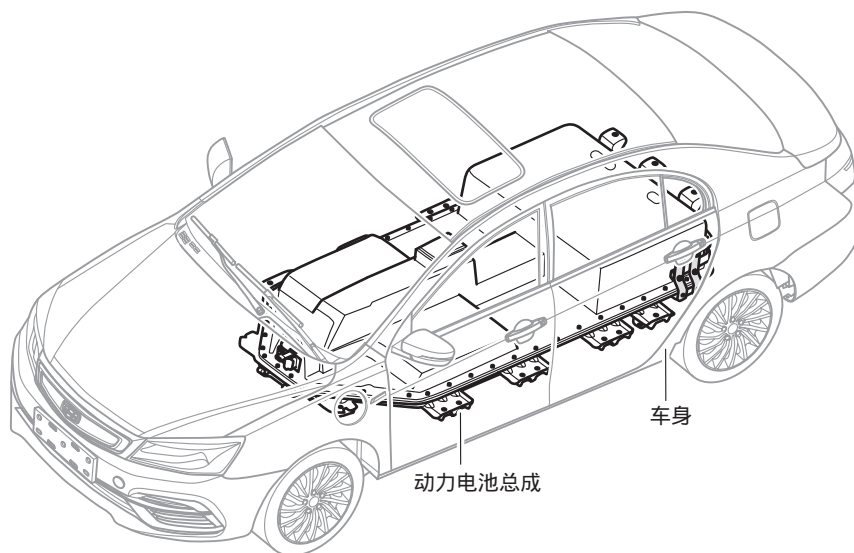


图 3-5-1 动力电池位置

（1）电池单体（Cell）

是直接将化学能转化为电能的基本单元装置，包括电极、隔膜、电解质、外壳和端子，并被设计成可充电。

（2）电池模组（Module）

将一个以上电池单体按照串联、并联或串并联方式组合，且只有一对正负极输出端子，并作为电源使用的组合体。电池组共由 17 个电池模块串联，电池组内部无分压接触器，无维修开关，但有保险保护电路，其串联模式如图 3-5-2 所示。

2. 电池管理系统 BMS

电池管理系统 BMS (Battery Management System) 能够对动力电池组总电压、总电流、每个测点温度、和电池单体的电压参数进行实时监控, 并进行故障诊断、SOC (剩余电量比) 计算、短路保护、漏电监测、报警显示、充放电模式选择等。BMS 可以将动力电池相关参数上报 VCU 由 VCU 控制动力电池的充电和放电功率。

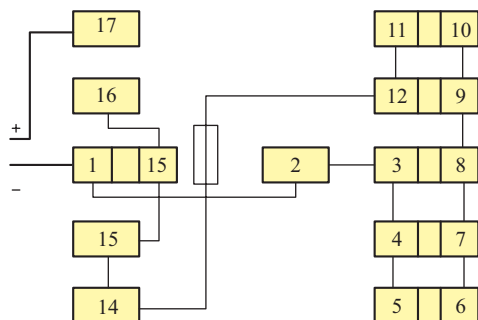


图 3-5-2 电池模组布置



图 3-5-3 电池控制单元

(1) 电池控制单元 (BMU)

安装于动力电池总成内部, 如图 3-5-3 所示。是电池管理系统核心部件, 电池控制单元 (BMU) 将单体电压、电流、温度及整车高压绝缘等信息上报整车控制器 (VCU) 并根据 VCU 的指令完成对动力电池的控制。

(2) CSC 采集系统

每一个电池单元有多个 CSC 采集系统, 如图 3-5-4 所示, 以监测其中每个电池单体或电池组单体电压、温度信息。CSC 采集系统将相关信息上报电池控制单元 (BMU) 并根据 BMU 的指令执行单体电压均衡。

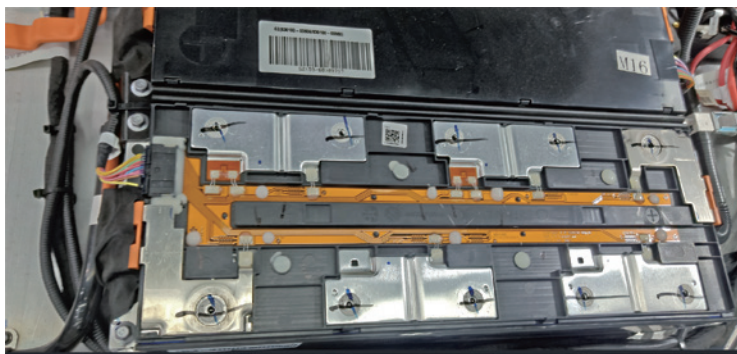


图 3-5-4 CSC 采集

(3) 电池管理系统 BMS 功能

1) SOC 值

SOC 值表示: 当前电量占总电量的百分比。准确估计动力电池组的 SOC 值, 从而随时预报电动汽车动力电池还剩多少电量。

2) 总电压

根据 CSC 信息采集器采集单体电池的电压计算出高压电池包的总电压 346V。

3) 电流监测

根据电流传感器实时监测直流负极母线的电流大小。

4) 温度监测

监测电池温度, 智能调节电池温度以保证电池在最佳温度状态下充、放电。

5) 漏电监测

监测高压系统与车身大架之间的绝缘阻值。(绝缘阻值根据电压决定每伏大于 500 欧姆)

6) 故障诊断和报警

当蓄电池电量过低需要充电时，及时报警，以防止电池过放电而损害电池的使用寿命。当电池组的温度过高，非正常工作时，及时报警，以保证蓄电池正常工作。当检测到系统漏电时，及时切断高压电，以确保安全。

7) 电池管理系统 BMS 电路

电池管理系统 BMS 电路如图 3-5-5、3-5-6 所示，动力电池低压线束连接器 CA69 如图 3-5-7 所示，动力电池低压线束连接器 CA70 如图 3-5-8 所示，动力电池高压线束连接器 BV16 如图 3-5-9 所示，动力电池高压线束连接器 BV23 如图 3-5-10 所示。由于此电路把 BMS 当做一个整体，因此各模块的 CSC 采集系统电路未画出。

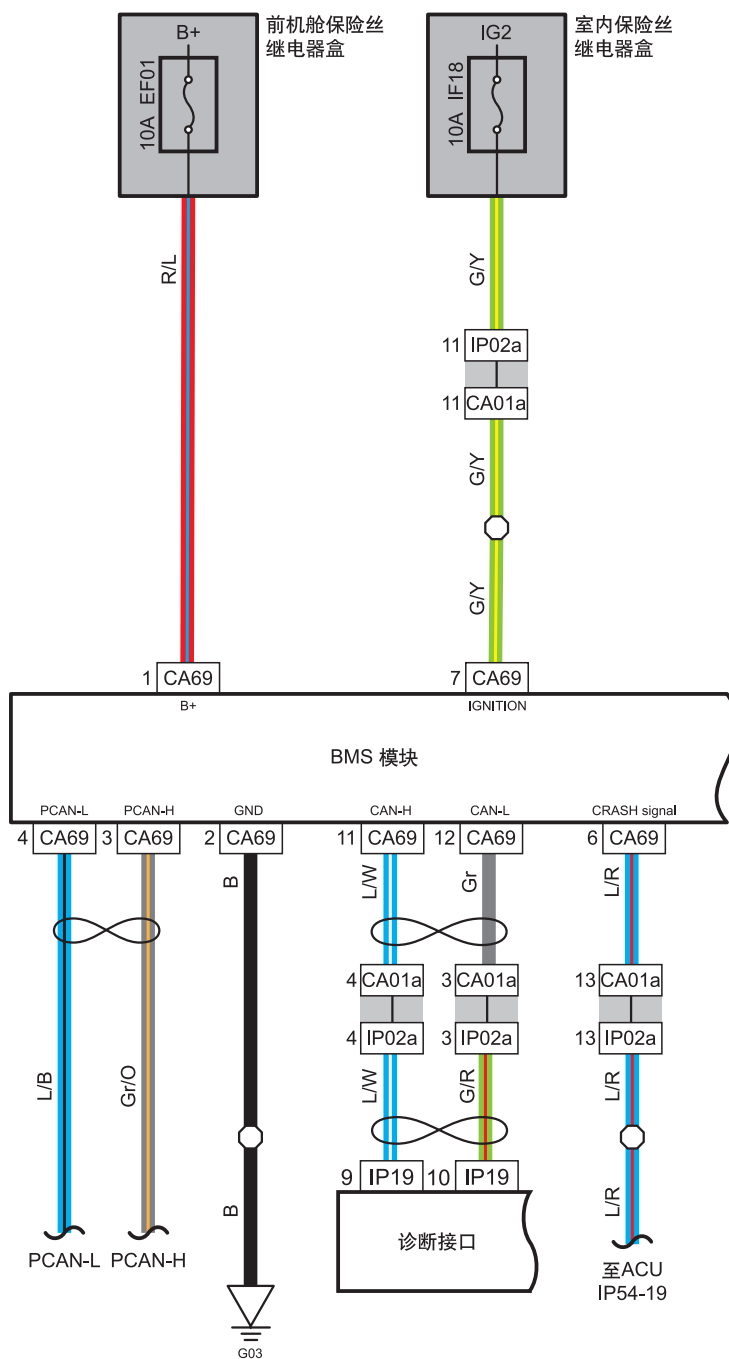


图 3-5-5 BMS 电路 (1)

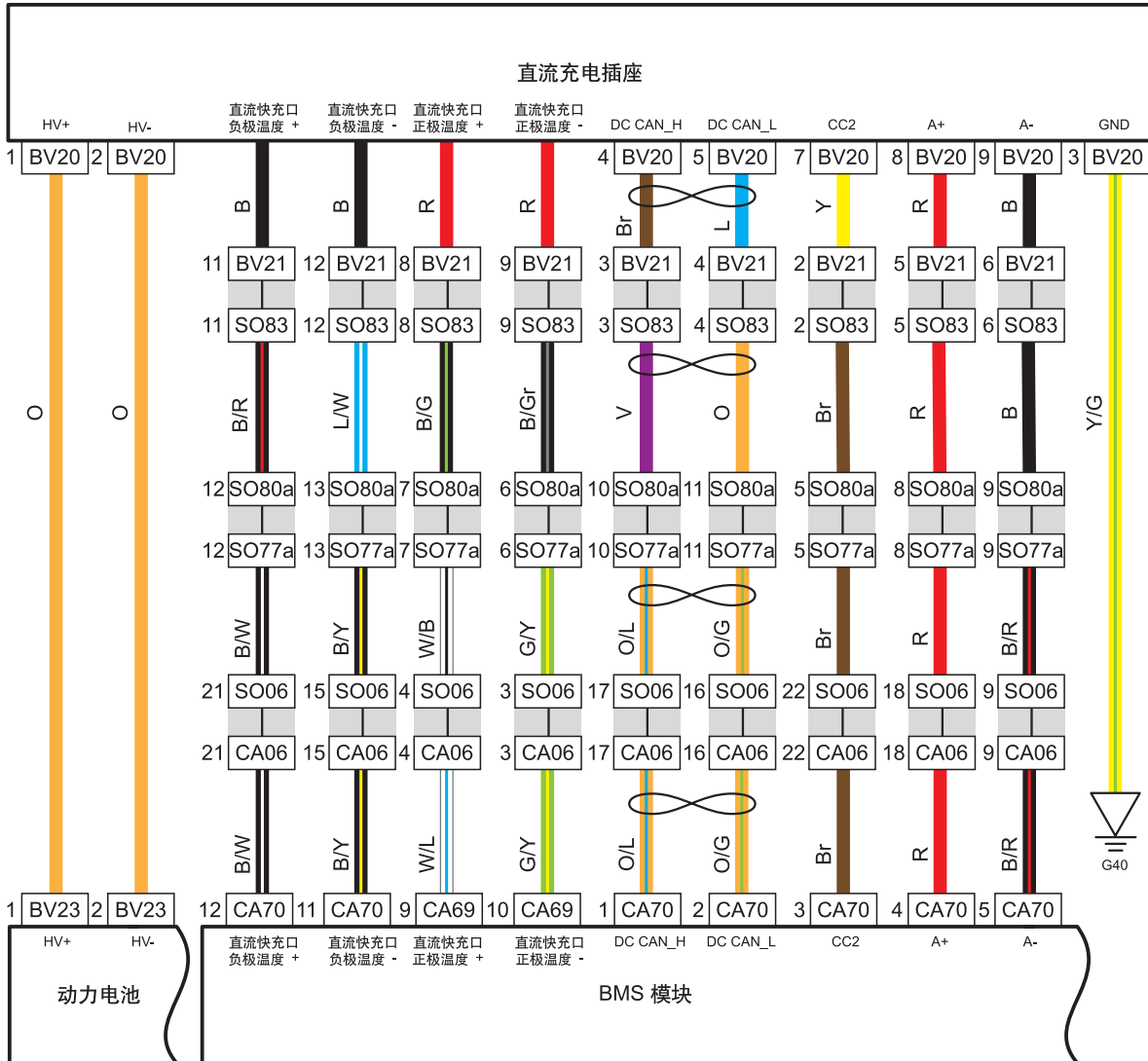


图 3-5-6 BMS 电路 (2)

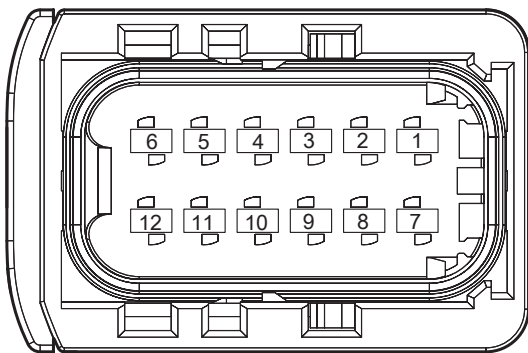


图 3-5-7 动力电池低压线束连接器 CA69

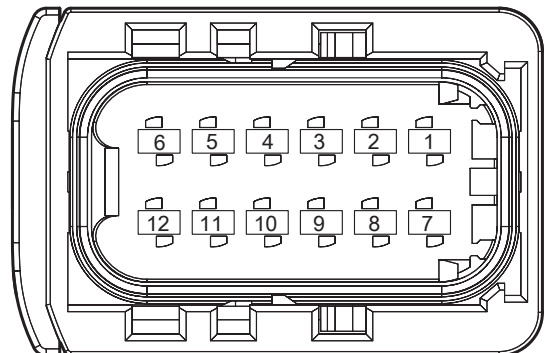


图 3-5-8 动力电池低压线束连接器 CA70

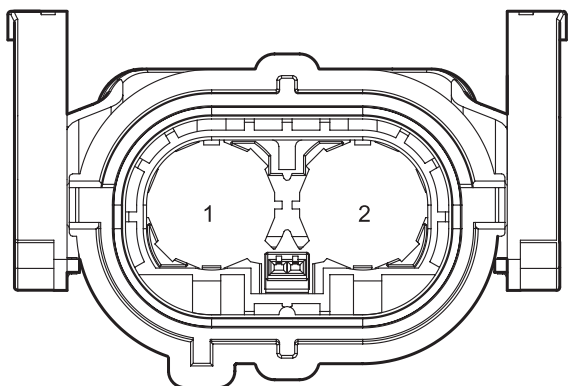


图 3-5-9 动力电池高压线束连接器 BV16

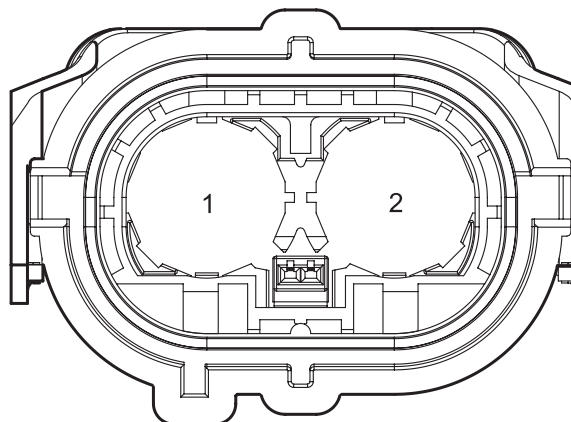


图 3-5-10 动力电池高压线束连接器 BV23

3. 电池高压分配单元 (B-BOX)

安装在动力电池总成的正负极输出端，由高压正极继电器、高压负极继电器、预充继电器、电流传感器、和预充电阻等组成，如图 3-5-11 所示。接触器控制电路如图 3-5-12 所示。

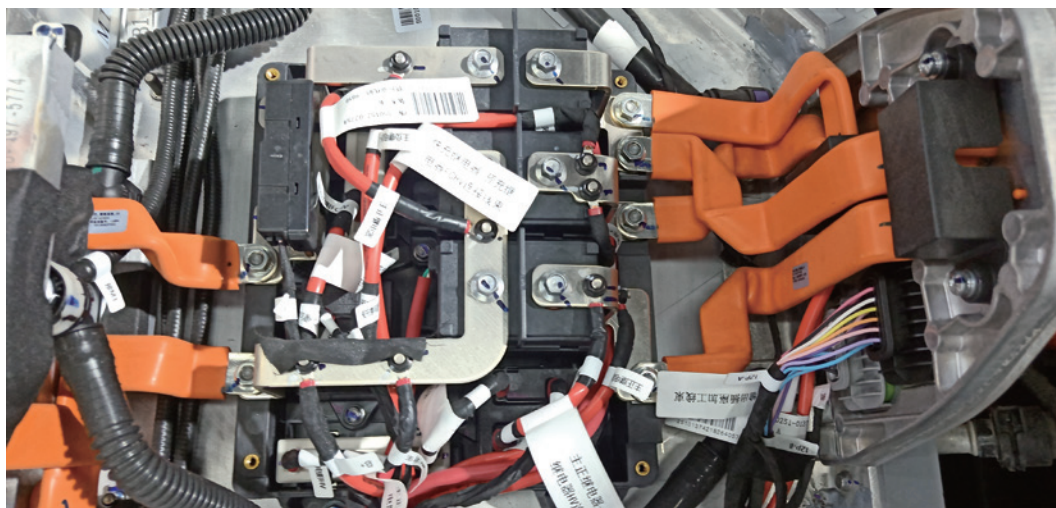


图 3-5-11 电池高压分配单元 (B-BOX)

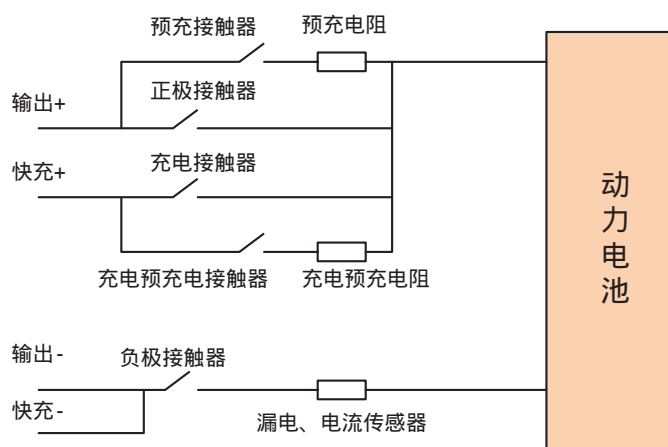


图 3-5-12 接触器控制电路

4. 电池智能温控系统控制

该车具有电池组充电加热，散热功能，并且在电池组入水、出水口装有温度传感器。

本车智能温控系统控制特点，具体原理将在电机驱动模块和空调模块详细讲授。

(1) 本车采用水冷方式给高压蓄电池散热，并在高压电池输出端装有进水口、出水口温度传感器，用以检测蓄电池的整体温度状态。

(2) 装有热交换器，利用 PTC 加热，在低温充电时给电池升温，保证充电量。

(3) 利用空调系统给电池组进行散热。

(4) 电池组的加热利用驱动电机热量给电池组进行恒温加热。

二、检测

1. 相关故障代码

相关故障代码如表 3-5-1 所示。

表 3-5-1 相关故障代码

故障代码	故障描述 / 条件	故障部位 / 排除方法
U3006-16	控制器供电电压低	电池包外部（给 12V 铅酸补电）
U3006-17	控制器供电电压高	电池包外部（给 12V 铅酸放电）
U3006-29	上高压过程中铅酸电压无效	电池包外部（BMU 异常重启，重新上电）
U3472-87	动力 CAN 总线数据丢失	电池包外部（排查整车端外部低压通讯线束，检测 ACAN 通讯）
U0064-88	动力 CANBUSOFF	电池包外部（排查整车端外部低压通讯线束是否存在开路或断路）
U1500-87	SCAN 电流报文丢失	电池包内部（需要拆包排查 CSU）
U1501-87	电流采集器总线故障	电池包内部（BMU 与 CSU 通讯异常，检测 SCAN 通讯）
U111487	与整车控制器丢失通讯	电池包外部（检测电池包与 VCU 通信）
U111587	与车载充电机丢失通讯	电池包外部（检测电池包与车载充电机通信）
U011087	与电机控制器丢失通讯	电池包外部（检测电池包与电机控制器通信）
U2472-81	MessageChecksumErrorwithVCU_BMS_Ctrl	电池包外部（检测电池包与 VCU 通信）
U2475-81	MessageChecksumErrorwithIPUMOT_General	电池包外部（检测电池包与 VCU 通信）
P1521-16	单体欠压 1 级	电池包内部（电池充电）
P1522-17	单体过压 2 级	电池包内部（电池放电）
P1522-16	单体欠压 2 级	电池包内部（电池充电）
P1524-09	电流传感器故障	电池包内部（检查 CSU）
P1526-17	电池包总电压过压	电池包内部（电池放电）
P1526-16	电池包总电压欠压	电池包内部（电池充电）
P1529-01	均衡停止原因：均衡回路故障	电池包内部（需要拆包排查均衡回路）
P1529-17	单体电压压差过大	电池包内部（排查电芯一致性）
P152B-21	电池低温 1 级	电池包内部（等待电池升温）
P152B-98	电池过温 1 级	电池包内部（等待电池降温）
P152C-98	电池过温 2 级	电池包内部（等待电池降温）
P152D-00	电池温差过大	电池包内部（电池温度异常）
P152F-1D	电流采样无效	电池包内部（电流采样异常）
P1537-22	预充电流过大	电池包内部（检查预充电阻是否装小）
P1537-29	预充电流反向	电池包外部（继电器外侧电压异常）
P1537-63	预充时间过长	电池包外部（继电器外部带载）

故障代码	故障描述 / 条件	故障部位 / 排除方法
P1537-1E	预充短路	电池包外部（继电器外部有短路）
P1537-63	连续预充失败超过最大次数	电池包外部（继电器外部带载）
P1539-01	主正或预充继电器粘连故障	电池包内部（排查主正或预充继电器）
P1539-07	主正继电器无法闭合故障	电池包内部（排查主正继电器）
P1539-00	主正或主负继电器下电粘连故障	电池包内部（排查继电器）
P153A-01	主负继电器粘连故障	电池包内部（排查主负继电器）
P153E-08	碰撞信号发生（仅有 ACAN 信号）	电池包外部
P153F-12	碰撞信号发生（硬线 PWM）	电池包外部
P1541-00	高压继电器闭合的前提下，绝缘故障（严重）	电池包外部（检查整车绝缘）
P1543-00	高压继电器断开的前提下，绝缘故障（严重）	电池包内部（检查 PACK 绝缘）
P154C-00	电池管理系统意外下电	电池包内部（TBD）
P1553-42	电池管理系统主板随机存储器校验失败	电池包内部（重新上电，不恢复更换 BMU 板子）
P155E-16	电芯极限欠压	电池包内部（电芯电压异常，更换电池包）
P155E-17	电芯极限过压	电池包内部（电芯电压异常，更换电池包）
P1566-09	温度传感器故障（严重）	电池包内部（更换温度传感器或线束）
P1567-09	电池温度传感器故障	电池包内部（更换 CSC 采样线或模组线或 CSC）
P1567-22	加热时进水口温度过高	电池包外部（需排查整车控制的加热器或其控制器）
P1567-21	冷却时进水口温度过低	电池包外部（需排查整车控制的制冷器或其控制器）
P1580-01	直流充电继电器粘连故障	电池包内部（排查充电正端继电器）
P1580-07	直流充电继电器无法闭合故障	电池包内部（排查充电正端继电器）
P1581-07	放电预充继电器无法闭合故障	电池包内部（排查预充继电器）
P1582-19	放电过流 1 级	电池包外部（检查整车电流）
P1583-19	放电过流 2 级	电池包外部（检查整车电流）
P1584-19	放电过流 3 级	电池包外部（检查整车电流）
P1585-19	充电过流 1 级	电池包外部（检查整车电流）
P1586-19	充电过流 2 级	电池包外部（检查整车电流）
P1587-19	充电过流 3 级	电池包外部（检查整车电流）
P1588-19	回充过流 1 级	电池包外部（检查整车电流）
P1589-19	回充过流 2 级	电池包外部（检查整车电流）
P158A-19	回充过流 3 级	电池包外部（检查整车电流）
P158B-19	单体欠压 3 级	电池包内部（电池充电）
P158C-19	单体过压 3 级	电池包内部（电池放电）
P158D-01	主回路高压互锁故障	电池包内外部（检查外部快充、主回路、MSD 高压连接器插件和内外部高压线路）
P158F-01	快充回路高压互锁故障	电池包内外部（检查外部快充、主回路、MSD 高压连接器插件和内外部高压线路）
P1590-13	高压回路断路	电池包内 / 外部（先更换 MSD 保险丝，如果还报该故障检查高压回路其它地方哪里有断路）
P1591-13	电芯电压采样线掉线	电池包内部（检测 CSC 采样线掉线）
P1591-8F	均衡停止原因：CMPCB 板载温度过高	电池包内部（需要分析 PCB 板过温原因）
P1592-98	电池过温 3 级	电池包内部（等待电池降温）

故障代码	故障描述 / 条件	故障部位 / 排除方法
P1593-21	电池低温 3 级	电池包内部（等待电池升温）
P1594-21	电池老化：电池健康状态过低（告警级别）	电池包内部（电芯有老化，建议更换电池包）
P1595-21	电池老化：电池健康状态过低（故障级别）	电池包内部（电芯寿命达到，更换电池包）
P1596-00	电压传感器故障	电池包内部（更换 CSC 或线束）
P1597-29	继电器外侧高压大于内侧高压	电池包外部（继电器外部电压异常，下电后再上电）
P1598-01	电流传感器零漂过大故障	电池包内部（TBD）
P1599-01	热管理故障：入水口温度传感器故障	电池包内部（检测进水温度传感器）
P159A-01	充电口温度传感器故障	电池包外部（需排查极柱温度传感器状态）
P159B-22	充电口过温	电池包外部（需排查极柱温度）
P159C-00	快充预充失败	电池包外部（需排查充电桩）
P159D-01	充电故障：快充设备故障	电池包外部（检测充电机）
P159E-01	充电故障：车载充电机故障	电池包外部（检测车载充电机）
P15D2-94	整车非期望的整车停止充电	电池包外部（需排查整车控制器逻辑）
P15D3-83	充电机与 BMS 功率不匹配故障（无法充）	电池包外部（请核实充电桩充电电压范围和 Pack 电压范围是否匹配）
P15D4-94	VCU 在 BMS 发生 3 级故障后 90 秒没发 shutdown	电池包外部（需排查 VCU 信号）
P15D5-19	充电时放电电流大于 40A	电池包外部（外部负载过大，下电减小负载正常后再上电）
P15D6-94	VCU 在 BMS 发生 4 级故障后 5s 没发 shutdown	电池包外部（需排查 VCU 信号）
P15D7-29	上高压过程中 Link 电压采样失效	电池包内部（TBD）
P15D8-29	上高压过程中 Pack 采样失效	电池包内部（TBD）
P15D967	预充后未收到 IPU 预充完成标志	电池包外部（检测电池包与 VCU 通信）
P15DA67	菊花链不更新故障	电池包内部（电池包内部通讯异常，检测 CCAN 通讯）
P15DB94	BMU 非预期的重启故障	电池包内部（BMU 异常重启，重新上电）
P15DC28	低温离群	电池包内部（需要拆包排查温度传感器）
P15DD64	SOC 不合理	电池包内部（TBD）
P15E094	充电故障，快充设备异常终止充电	电池包外部（检测充电机）
P15E101	热管理故障，出水口温度传感器故障	电池包内部（检测进水温度传感器）
P15E201	热管理故障，热管理结束时温差过大	电池包内部（TBD）
P15E319	下电过程中继电器断开电流大于 1A	电池包内部（TBD）

2. 故障诊断数据流列表

故障诊断数据流如表 3-5-2 所示。

表 3-5-2 故障诊断数据流

DID 描述	正常范围	单位
BatteryVoltage 电池包电压	0~600	V
BusVoltage 母线电压	0~600	V
DCChrgPosVol 充电继电器外侧电压	0~600	V
BatteryCurrent 母线电流	-500~500	A
PeakChgPwr10 10s 充电功率	0~254	kW
ContChgPwr30 30s 充电功率	0~254	kW
PeakDChgPwr10 10s 放电功率	0~254	kW
ContDChgPwr30 30s 放电功率	0~254	kW

DID 描述	正常范围	单位
ChrgCurrentReq 快充请求电流	0~500	A
CellUsum 累加和	0~600	V
CellTemMax 单体最高温度	-40~125	°C
CellTemMax_Num 单体最高温度位置	1~34	NA
CellTemMin 单体最低温度	-40~125	°C
CellTemMin_Num 单体最低温度位置	1~34	NA
CellTemAvg 平均温度	-40~125	°C
CellVolMin 单体最低电压	0~5000	mV
CellVolMin_Num 单体最低电压位置	1~95	NA
CellVolMax 单体最高电压	0~5000	mV
CellVolMax_Num 单体最高电压位置	1~95	NA
SOC_Max 最大 SOC	0~100	%
SOC_Min 最小 SOC	0~100	%
DisplaySOC 显示 SOC	0~100	%
SOH 健康状态	0~100	%
MainHVILSt 主回路高压互锁状态	0~3	NA
FastChgHVLst 快充回路高压互锁状态	0~3	NA
HVIL1VolOutside 主回路高压互锁外侧电压	0~5000	mV
HVIL1VolInside 主回路高压互锁内侧电压	0~5000	mV
HVIL2VolOutside 快充回路高压互锁外侧电压	0~5000	mV
HVIL2VolInside 快充回路高压互锁内侧电压	0~5000	mV
DID 描述	正常范围	单位
IsoResPos 正极绝缘值	0~65534	K
IsoResNeg 负极绝缘值	0~65534	K
SupplyVol 供电电源电压	0~12000	mV
Keyon 钥匙信号	0~12000	mV
DCWakeUpVol 快充唤醒源电压	0~12000	mV
CC2Vol CC2 电压值	0~5000	mV
ReceiveCRM00Timeout CRM00 超时标志	0~1	NA
ReceiveCRMAATimeout CRMAA 超时标志	0~1	NA
ReceiveCTSOrCMLTimeout CTS 或 CML 超时标志	0~1	NA
ReceiveCROTimeout CRO 超时	0~1	NA
ReceiveCCSTimeout CCS 超时	0~1	NA
ReceiveCSTNoManualStop 接收到 CST (非人工停止)	0~1	NA
ChargerMaxOutPutVol 充电桩最大输出电压	0~750	V
ChargerMinOutPutVol 充电桩最小输出电压	0~750	V
ChargerCurr CCS 输出电流值	0~500	A
ChargerVoltage CCS 输出电压值	0~600	V
DCChargerTem 充电插座温度	-40~125	°C
InletWaterTem 进水口温度	-40~125	°C
OutletWaterTem 出水口温度	-40~125	°C
BMSstMode BMS 状态	0~15	NA

DID 描述	正常范围	单位
BalanceActive 均衡开启状态	0~5	NA
ThermalManageReq 热管理开启状态	0~5	NA
BookchargeReq 预约充电开启状态	0~3	NA
IntelligentChargeReq 智能补电开启状态	0~3	NA
PCBMaxTem PCB 最大温度	-40~125	°C
VehicleSpeed 车速	0~200	km/h
TotalOdometer 总里程	0~1048574	km
ForceOpenRelaytime 强制切断继电器次数	0~255	km/h
Accumulated Battery Pack DischargeCapacity 电池包累计放电容量	0-740000	Ah
Accumulated Battery Pack ChargeCapacity 电池包累计充电容量	0-740000	Ah

3. 故障检测

(1) 电源故障

电源故障检测步骤如下：

- 1) 用诊断仪访问 BMS 模块，检查是否输出了 DTC。若有则根据输出的 DTC 维修电路。
- 2) 测量蓄电池电压，应为 11-14 V，否则进行蓄电池充电或检查充电系统。
- 3) 检查 BMS 模块保险丝 EF01 和 IF18 及线路及相应端子连接情况。
- 4) 若以上正常，更换 BMS。

(2) 通讯故障

通讯故障检测步骤如下：

- 1) 用诊断仪访问 BMS 模块，检查是否输出了 DTC。若有则根据输出的 DTC 维修电路。
- 2) 测量蓄电池电压，应为 11-14 V，否则进行蓄电池充电或检查充电系统。
- 3) 检查 BMS 模块保险丝 EF01 和 IF18 及线路及相应端子连接情况。
- 4) 检查 BMS 模块与 VCU 之间线束连接器的数据通讯线阻值应小于 1 Ω。
- 5) 若以上正常，更换 BMS。



第六节 启辰纯电动汽车电源管理系统

一、锂离子电池

1. 分电池

启辰晨风 E30 电动汽车采用锂离子电池，其分电池是具有极强冷却性能的叠层电池，如图 3-6-1 所示。

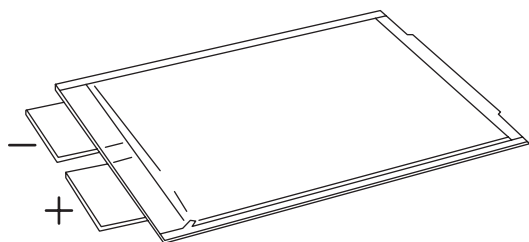


图 3-6-1 叠层电池

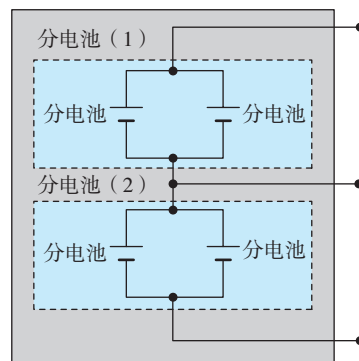


图 3-6-2 电池模块组成

叠层电池的特性是：大的表面具有极强冷却性能，可降低蓄电池的热负荷并延长蓄电池寿命；轻且薄的结构提高了布局的灵活性。

2. 模块

一个模块由两个平行连接的分电池对串联组成，如图 3-6-2 所示。四个分电池集成一个模块，锂离子电池由 48 个串联的模块组成，如图 3-6-3 所示，九十六个平行连接的分电池对串联在一起。

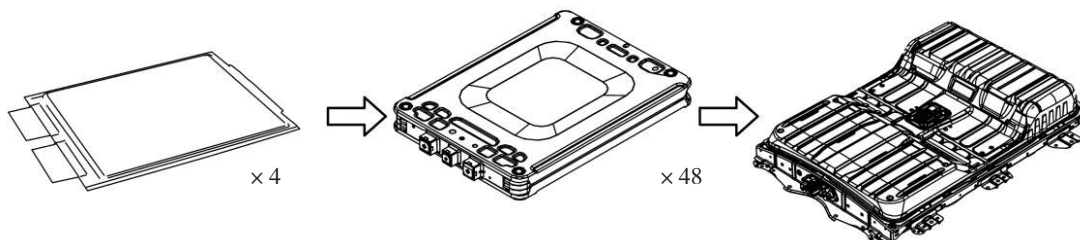


图 3-6-3 锂离子电池组成

3. 锂电池的构造

扁平的锂离子电池位于底板下，由右前模块堆、左前模块堆、后模块堆三个模块堆组成。蓄电池组

配备了所需的装置，如除蓄电池储备电源外，还有锂离子电池控制器、蓄电池接线盒和维修塞，锂电池各部件位置如图 3-6-4 所示。

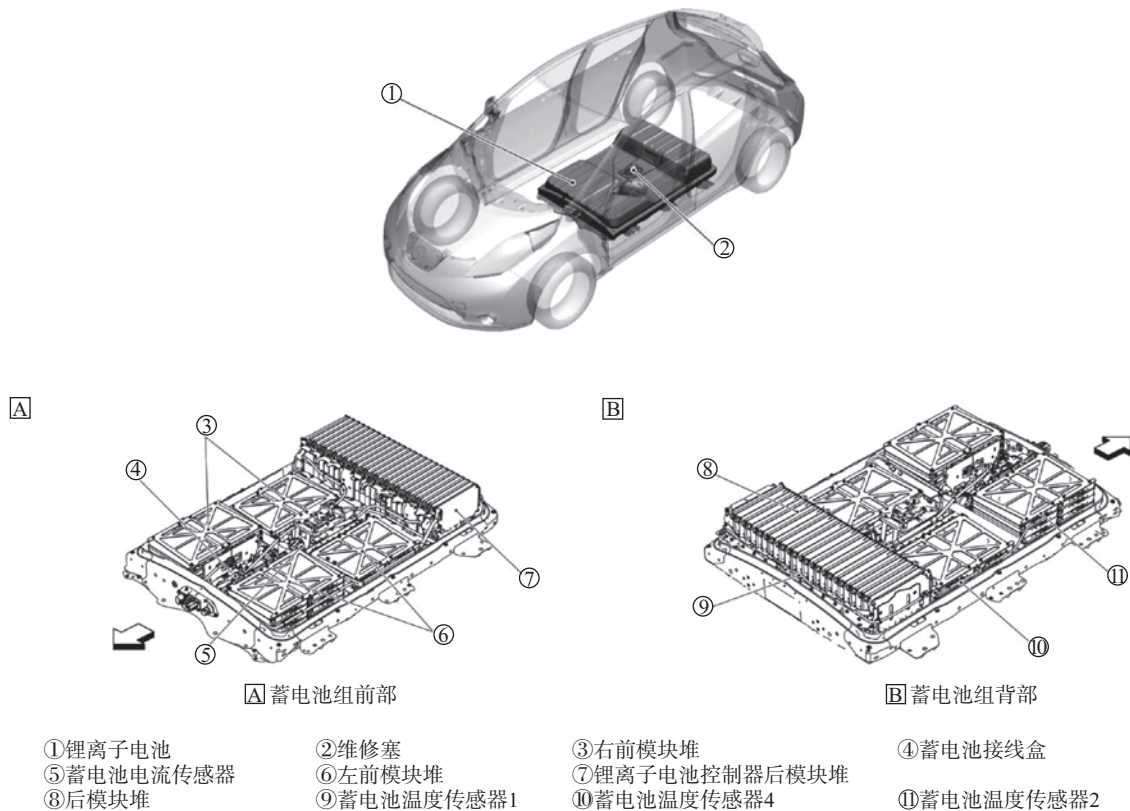


图 3-6-4 锂电池各部件位置

锂电池模块布置如图 3-6-5 所示，最高电位为模块（MD）1，最低电位为模块（MD）48。

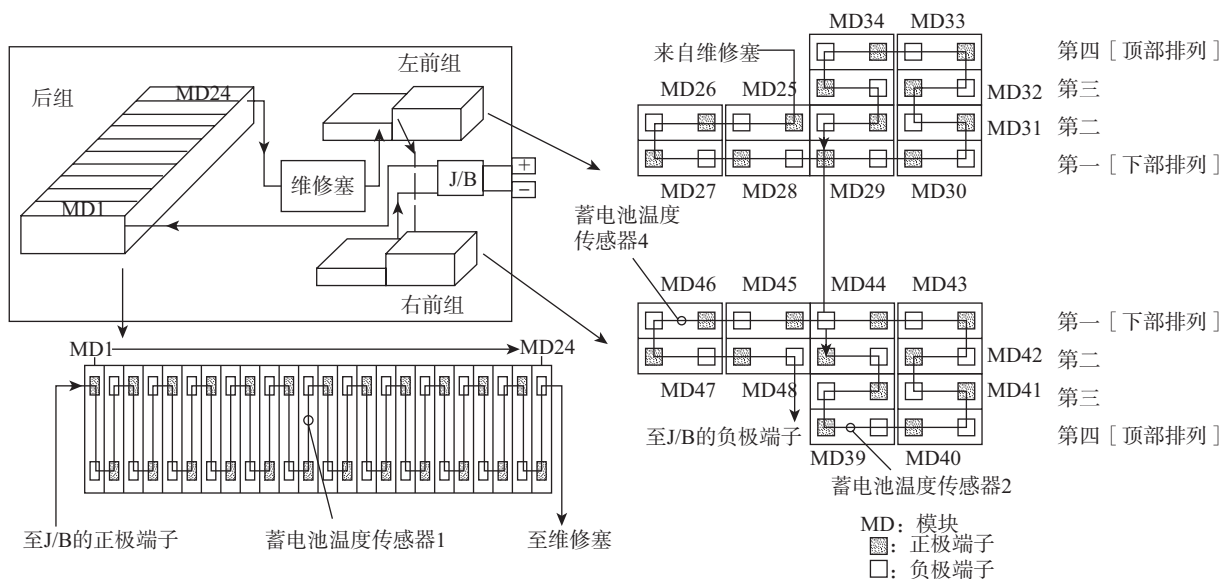


图 3-6-5 锂电池模块布置

二、电池管理控制

1. 电池管理控制系统部件

(1) 锂离子电池控制器

锂离子电池控制器 (LBC) 包含在蓄电池组中并安装在后模块堆表面左侧。锂离子电池控制器检测组装蓄电池的电压和电流、各模块的温度, 以及各分电池的电压以判断充电状态。LBC 同样计算可能的输入 / 输出值、仪表指示值和可充电值, 并发送该数据至 VCM (车辆控制模块)。VCM 根据蓄电池状态控制车辆。

(2) 蓄电池温度传感器

锂离子电池有三个蓄电池温度传感器, 其中右前模块堆装有前后共两个, 后模块堆装有一个。传感器采用了随温度变化电阻值产生变化的热敏电阻。该热敏电阻的电阻值会随温度的升高而降低。

(3) 蓄电池电流传感器

蓄电池电流传感器安装在蓄电池接线盒和后模块堆之间的总线杆上, 如图 3-6-6 所示。蓄电池电流传感器为霍尔式。

(4) 蓄电池接线盒

蓄电池接线盒安装在蓄电池组的前侧。蓄电池接线盒内装有系统正负极主继电器和预充电继电器。

系统主继电器控制锂离子电池提供直流电和切断直流电, 此外, 电机再生或充电时, 系统主继电器向锂离子电池提供直流电。当系统出现错误时, 根据 VCM (车辆控制模块) 发出的指令, 系统主继电器关闭且锂离子电池关闭以确保安全。

预充电继电器是防止高压电路在电源打开后立即产生高电流。

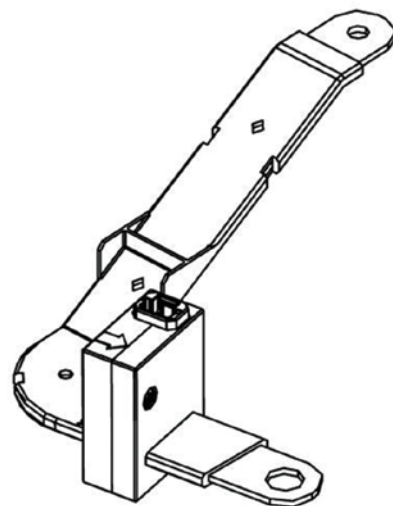


图 3-6-6 蓄电池电流传感器

2. 电池管理系统的控制

(1) 电池管理系统功能

锂离子电池控制器执行以下控制:

1) 监控蓄电池状态并发送可充电 / 可放电电源至 VCM 以防故障, 如过电压、过放电或蓄电池温度升高过快。

2) 在故障发生时立即检测故障 (过电压、过放电、过电流和蓄电池温度升高过快) 并请求 VCM 断开系统主继电器以断开放电 / 充电线。

3) 采用分电池电量调整功能恒定保持最佳蓄电池状态以防分电池电量变化导致充电中 / 放电中电量降低。

4) 采用检测高压线束接头固定的功能检测固定状态并发送检测到的状态至 VCM 以防车辆在不稳定的状态下起动。

5) 采用在高压和低压之间检测绝缘电阻的功能检测绝缘电阻状态并发送检测到的状态至 VCM 以防车辆在异常的状态下起动。

6) 根据蓄电池状态检测功能获取的数据估算蓄电池充电状态和低蓄电池状态, 并反映在蓄电池容量仪表上。

(2) 蓄电池保护

锂离子电池有可充电 / 可放电电压容量范围。如果充电 / 放电超过范围, 可能导致电量过低或故障。为防止这种情况出现, 锂离子电池控制器检测各分电池的电压并发送充电中 / 放电中能量请求控制至 VCM 以确保分电池电压保持在电压范围内。控制项目如表 3-6-1 所示。

表 3-6-1 蓄电池保护控制

控制项目	控制	操作条件
过电压 / 过电流保护	充电能量控制	当分电池电压接近充电电压容量的上限时, 采用充电能量逐步控制
	系统主继电器切断	分电池电压超过被判断为过电压的电压值, 并保持该电压超过规定时间

控制项目	控制	操作条件
过放电保护	放电能量控制	当分电池电压接近放电电压容量的下限时，采用放电能量逐步控制
	系统主继电器切断	分电池电压超过被判断为过放电的电压值，并保持该电压超过规定时间
温度升高过高保护	充电中/放电中能量控制	当锂离子电池温度接近使用温度容量的上限时，采用逐步充电中/放电中能量控制
	系统主继电器切断	锂离子电池温度超过被判断为温度升高过高的温度，并保持该温度超过规定时间

(3) 分电池电量的调节

分电池电量调节过程中，当系统启动时，根据无负荷电压估算各分电池电量且调节电量以使电量均处于目标水平。锂离子电池控制器内的各分电池电压被检测。旁路开关打开，分电池放出多余电量，如图 3-6-7 所示。通过这种方式，锂离子电池控制器调整电量以使各分电池电量得到充分利用。

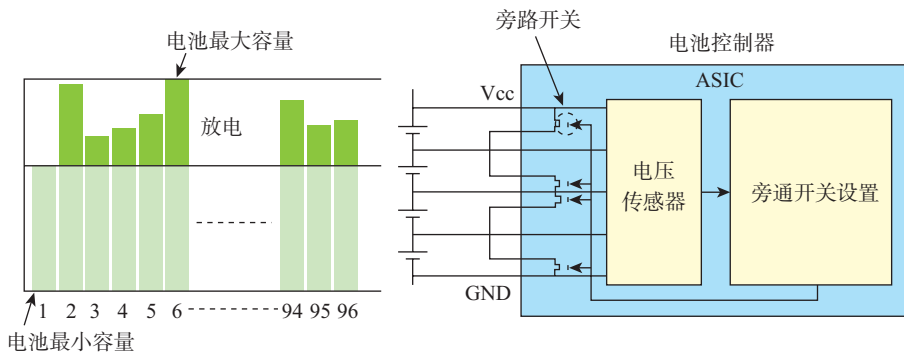


图 3-6-7 分电池电量的调节

(4) 绝缘电阻损失检测

加装在锂离子电池控制器内部的绝缘电阻检测电路测量各高压零件的绝缘电阻并通过 EV 系统 CAN 通信将测量结果发送至 VCM，VCM 根据接收到的绝缘电阻值判断各高压零件中的异常绝缘电阻，如图 3-6-8 所示。

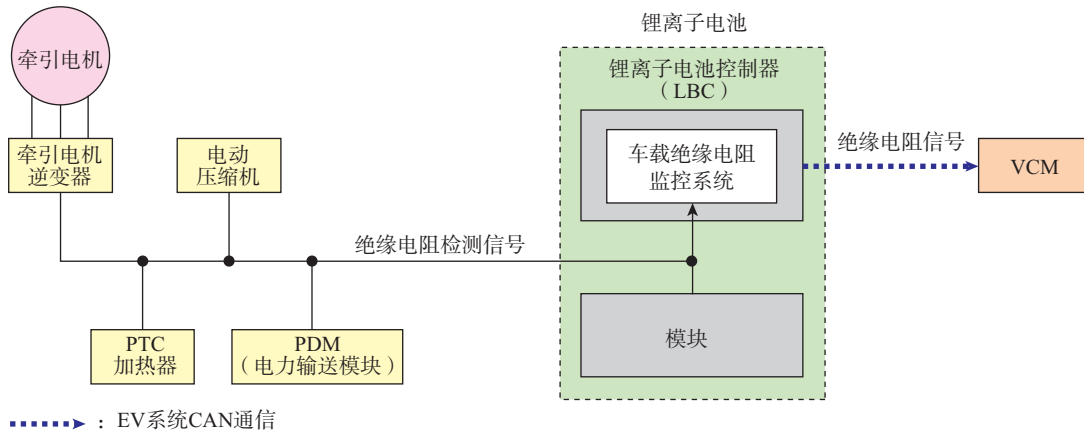


图 3-6-8 绝缘电阻损失检测

(5) 信息交互

启辰晨风 E30 电动汽车电池管理采用集中式控制，锂离子电池控制器直接采集分电池电压、电池总电压、电池温度、电池电流等信息，并直接对分电池进行均衡控制，其对外通过总线与车辆控制模块（VCM）进行通信，系统主继电器与预充继电器由 VCM 控制。电路如图 3-6-9 所示。

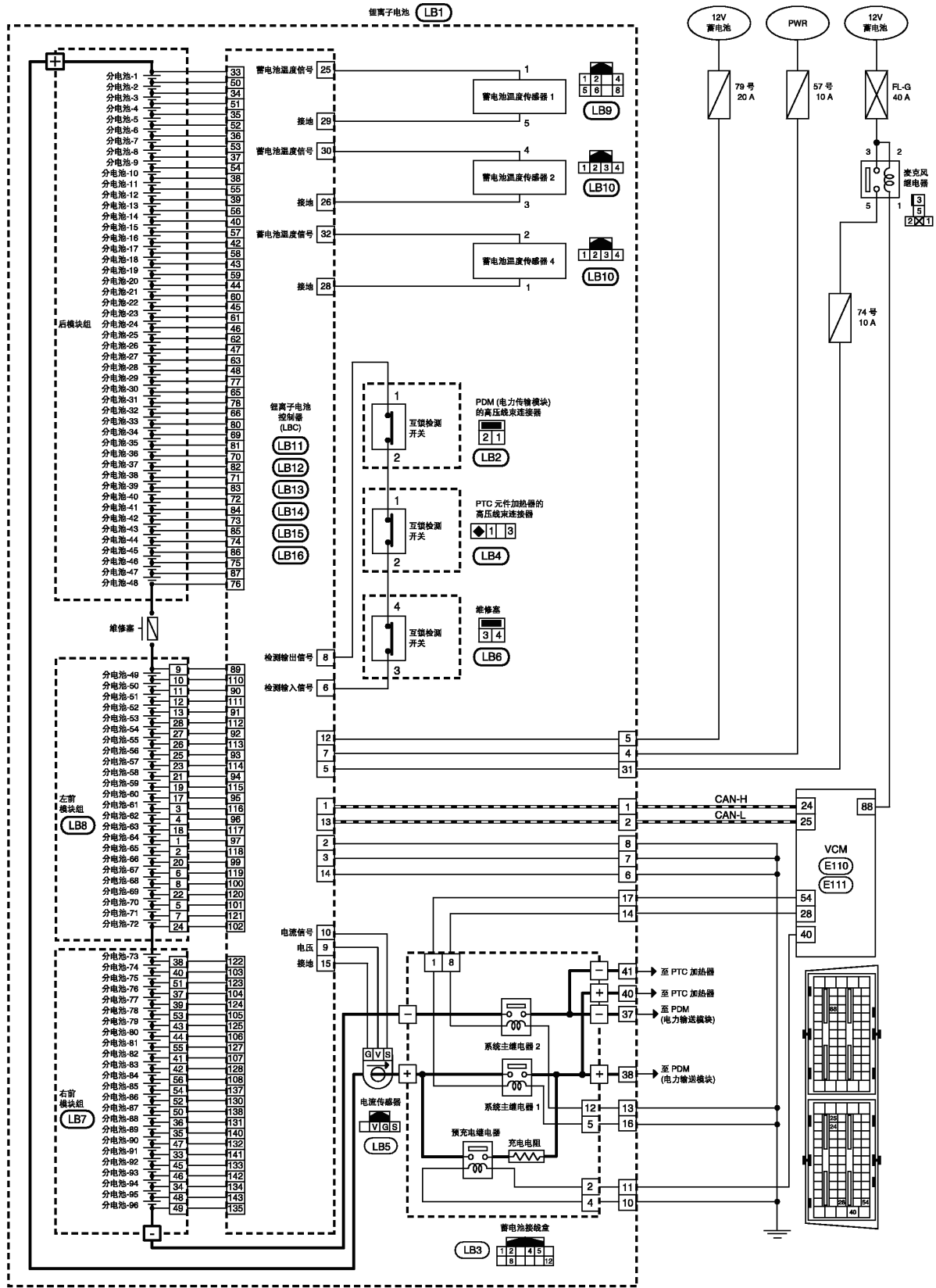


图 3-6-9 电池管理系统电路

第4章

电动汽车驱动系统



1. 理解电动汽车驱动系统基本组成
2. 理解减速器基本结构原理
3. 理解P档锁结构原理
4. 掌握变频器基本原理
5. 了解三相异步电机结构原理
6. 掌握永磁同步电机结构原理与检测
7. 掌握旋转变压器结构原理与检测
8. 掌握电机及其控制器冷却系统结构原理与检测
9. 掌握电机常见故障处理方法
10. 掌握常见电动汽车减速器、驱动电机、控制器及冷却系统等结构原理及检测
11. 了解轮毂电机结构及控制方式





第一节 概述

驱动系统是电动汽车最核心的系统，其主要作用是产生动力并将动力传递到车轮，其基本构造框架如图 4-1-1 所示，主要由驱动电机控制器、驱动电机、P 档锁止器、减速器、半轴、车轮等组成。

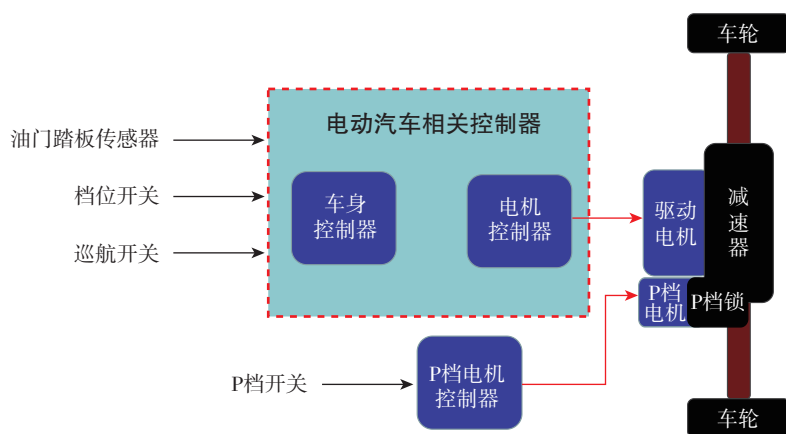


图 4-1-1 电动汽车驱动系统

驱动电机是驱动系统核心部件，其作用是将电能转化成动能。驱动电机控制器接受档位、加速踏板、巡航等信息，控制驱动电机的转动方向及扭矩。为保证驱动电机和控制器的正常温度，装有冷却系统，冷却系统中冷却液的循环由电机驱动其余方式与传统汽车相同。

车轮的转动方向由电机的转动方向确定，车轮的转动速度的转变也是由电机来确定，因此，电动汽车上一般没有变速器，电机直接将动力输出给减速器。减速器一般和驱动电机集成在一起，如图 4-1-2 所示。减速器结构如图 4-1-3 所示，一般由电机输入轴、减速装置和差速器组成，其作用是将驱动电机的动力传递给半轴，在传递过程中，进行将动力进行减速、差速处理。

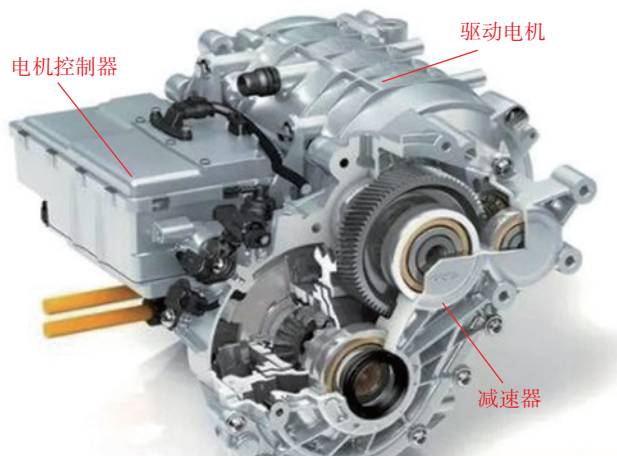


图 4-1-2 减速器

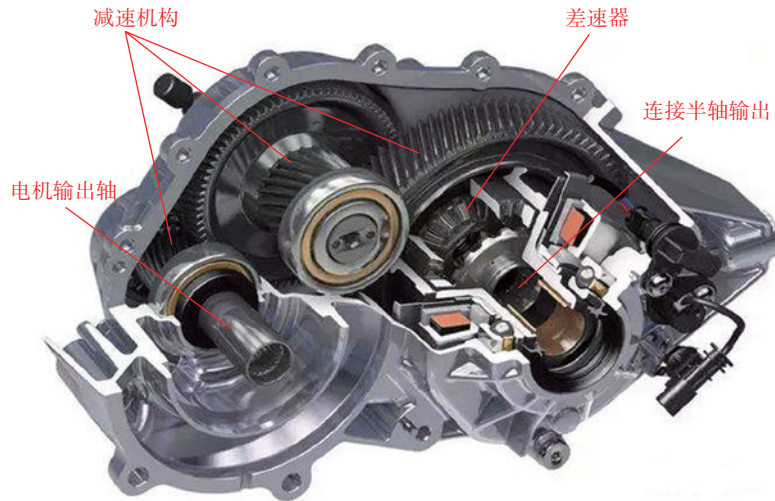


图 4-1-3 减速器结构

一些车型上装有驻车装置，驻车装置由 P 档电机驱动，如图 4-1-4 所示。当挂挡杆挂入 P 档后，P 档电机驱动 P 档棘爪，将减速器的齿轮锁死，如图 4-1-5 所示，此时车轮不能转动。

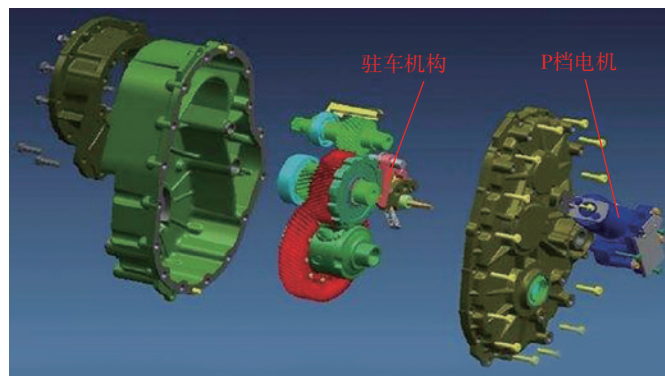


图 4-1-4 驻车锁止器及 P 档电机



图 4-1-5 驻车装置

由于驱动方式的不同，前驱汽车和后驱汽车的半轴不同。前驱汽车的半轴需要有等速万向节机构，而后驱车一般不需要，这点和传动汽车相同。

2 第二节 驱动电机基本原理

目前，电动汽车上普遍采用的驱动电机为三相异步电机和永磁同步电机，这两种电机的定子结构基本相同，均有三组线圈按照 120° 约数的间隔排列。如图 4-2-1 为典型的定子模型。

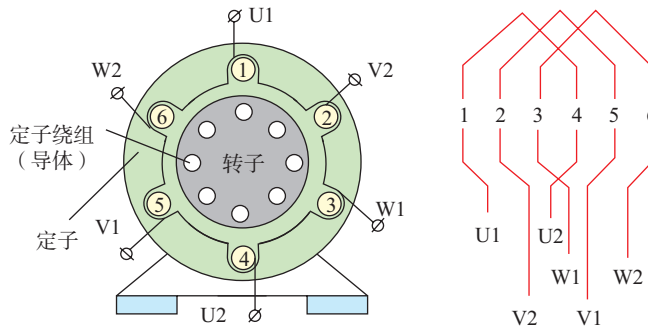


图 4-2-1 定子结构模型

一、三相交流电和旋转磁场

给以一个线圈通上单相交流电后，这个线圈就会产生磁场，这个磁场的方向和大小会随着时间的变化而变化，如图 4-2-2 所示。

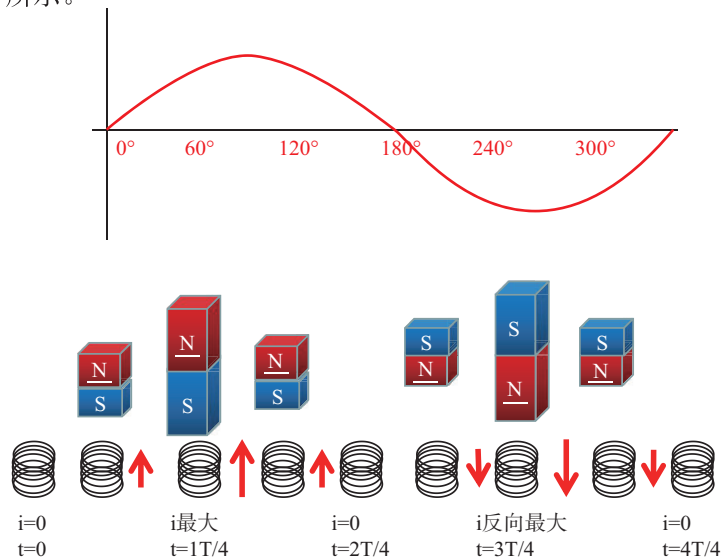


图 4-2-2 单相交流电导致线圈磁场变化相位图

当给定子的三组线圈提供三相交流电后，三组线圈各自按照一定的规律产生磁场，这三个线圈的磁场就会合成一个磁场，这个合成磁场的变化规律如图 4-2-3 所示。

从图中可以看出，这个合成的磁场是随着时间的变化在定子的空间内转动的，如果三相交流电一直接通，这个合成的磁场就会一直像图 4-2-4 所示转动下去，这个磁场就称为旋转磁场。

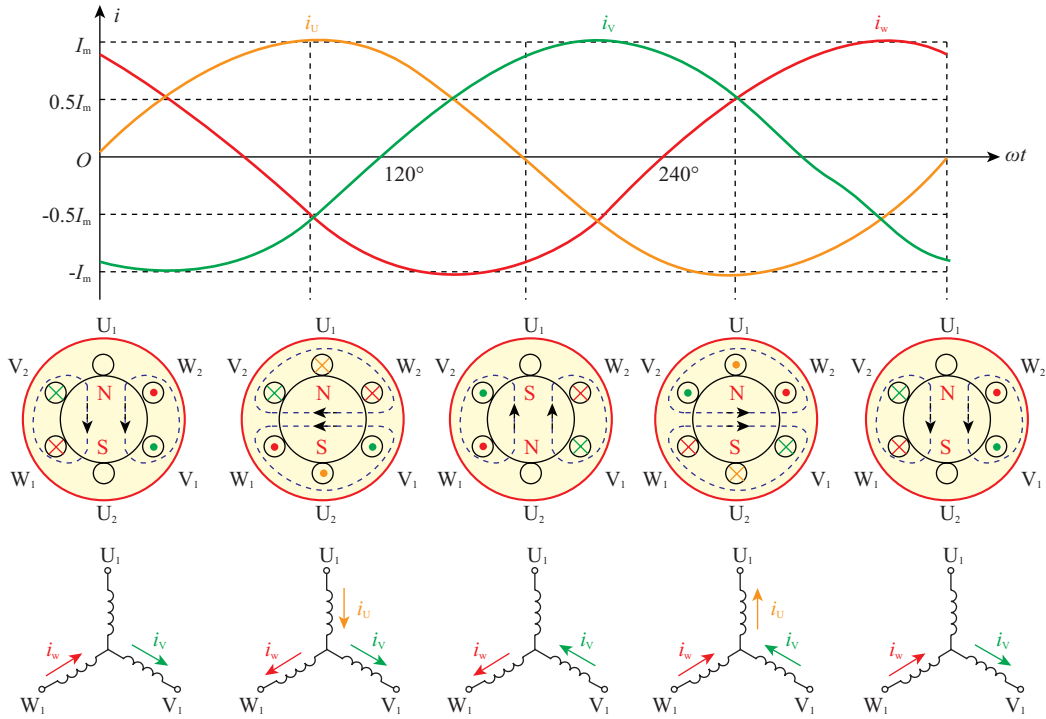


图 4-2-3 定子线圈合成磁场变化图解

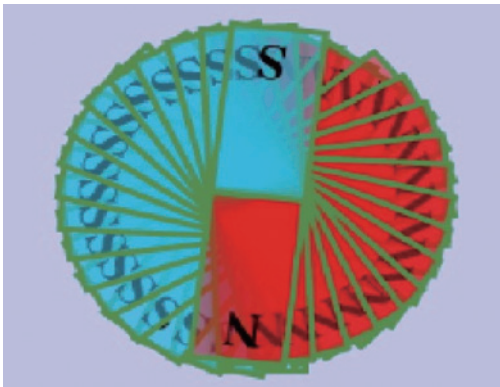
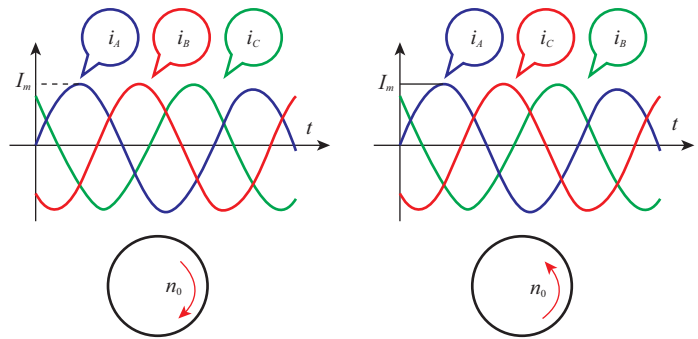


图 4-2-4 合成磁场的旋转示意图



取决于三相电流的相序（交换任意两项）

图 4-2-5 合成磁场的旋转方向的改变

合成磁场旋转的方向取决于三相交流电的时序，如果改变了三相交流电的时序，也就改变了旋转磁场的转动方向，如图 4-2-5 所示。

二、变频器的基本原理

1. 变频器的作用

由旋转磁场产生的原理可以看出，旋转磁场变化的速度与三相交流电的频率与定子绕组的极对数（所谓极对数简单来说就是定子绕组中一组线圈中所包括的线圈数量）有关。对于固定的定子绕组具有固定的极对数。则影响旋转磁场转速的只有三相交流电的频率。而日常用电中，交流电的频率是固定的，这就导致了电机旋转磁场的转速是一定的。

若要改变固定电机旋转磁场的转速，要做的只能是改变三相交流电的频率，因此我们就需要把常用的固定频率的三相交流电变成频率可调的三相交流电，能完成这项工作的设备成为变频器。

变频器的基本原理是将三相交流电整流成直流电，再将直流电变成三相交流电，三相交流电整流成直流电的原理这里不再阐述，这里只阐述直流电变成交流电的原理。

2. IGBT

IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor)，绝缘栅双极型晶体管，如图 4-2-6 所示，是由 BJT (双极型三极管) 和 MOS (绝缘栅型场效应管) 组成的复合全控型电压驱动式功率半导体器件，兼有 MOSFET 的高输入阻抗和 GTR 的低导通压降两方面的优点。GTR 饱和压降低，载流密度大，但驱动电流较大；MOSFET 驱动功率很小，开关速度快，但导通压降大，载流密度小。IGBT 综合了以上两种器件的优点，驱动功率小而饱和压降低。非常适合应用于直流电压为 600V 及以上的变流系统如交流电机、变频器、开关电源、照明电路、牵引传动等领域。

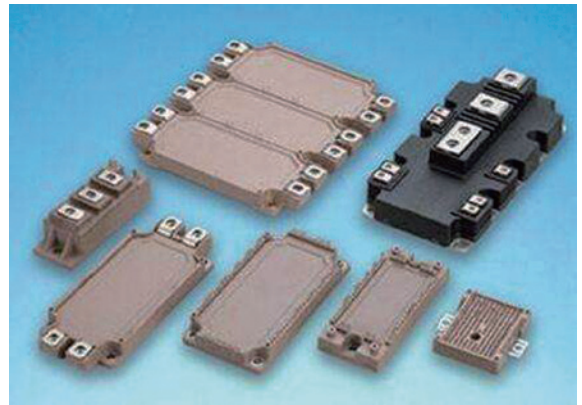


图 4-2-6 IGBT

从功能上来说，IGBT 就是一个电路开关，优点就是用电压控制，饱和压降小，耐压高。用在电压几十到几百伏量级、电流几十到几百安量级的强电上的。而且 IGBT 不用机械按钮，它是由计算机控制的。

3. 变频器原理

变频器原理如图 4-2-7 所示。微机通过控制不同 IGBT 的导通的占空比从而控制三相定子线圈的电流走向及电流的强弱，使三个线圈电流方向和大小的改变符合三相交流电的规律，从而在三相定子线圈的空间内形成旋转磁场。

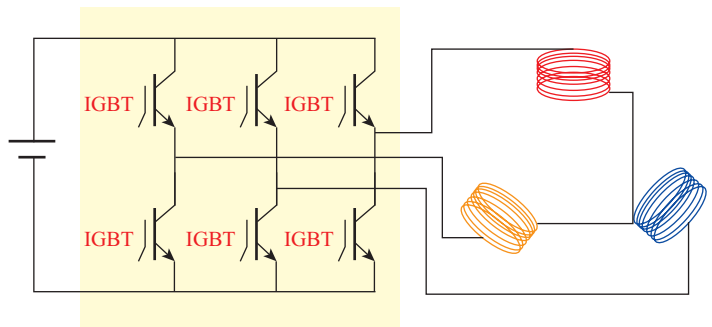


图 4-2-7 变频器原理图

由于 IGBT 的导通受电脑的控制，因此旋转磁场频率可以按需求调节。

另外，还可以通过对不同 IGBT 的控制实现定子合成磁场的方向及强度。

三、三相异步电机

1. 三相异步电机原理

如图 4-2-8 所示，当蹄形磁铁转动时，根据楞次定律，中间的鼠笼转子就会随着转动，但鼠笼转动的速度要低于蹄形磁铁转动的速度。

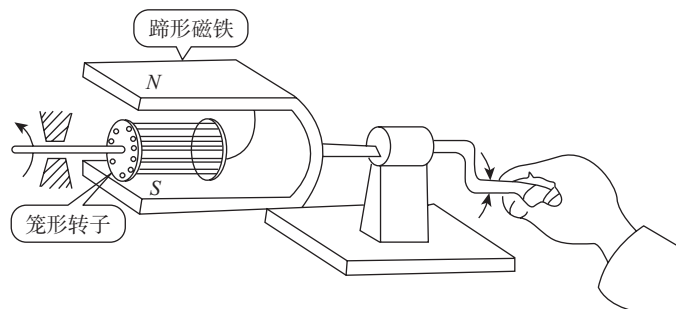


图 4-2-8 鼠笼式异步电机模型

如果用可以产生旋转磁场的定子代替蹄形磁铁，给定子通上三相交流电，则鼠笼转子就会转动。如果改变定子三相交流电的相序，则鼠笼转子的转动方向也随着改变。由于鼠笼转子的转速小于定子旋转

磁场的转速，因此这种电机称为三相异步电机。

2. 三相异步电机构造

三相异步电机构造如图 4-2-9 所示，主要由定子和转子组成。其定子由三组线圈绕制而成，其按照 120° 约数的间隔排列。转子为鼠笼结构，为由铝或铜等导电性能好的金属制成鼠笼机构镶嵌在由硅钢片压制而成的铁芯上，如图 4-2-10 所示。鼠笼与铁芯之间绝缘。

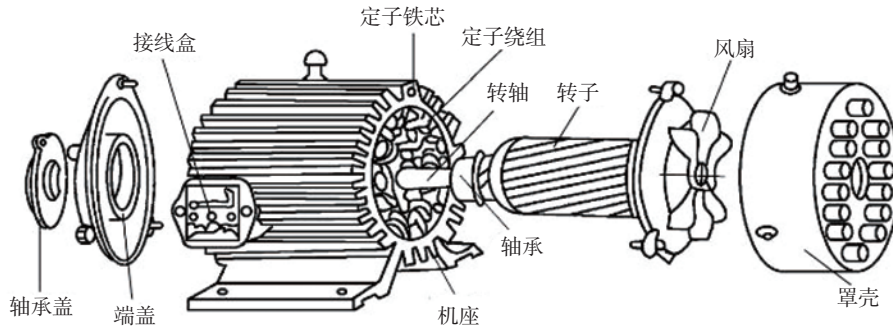


图 4-2-9 三相异步电机构造



图 4-2-10 转子鼠笼结构

三相异步电机的定子绕组接交流电，转子绕组不需与其他电源连接。因此，它具有结构简单，制造、使用和维护方便，运行可靠以及质量较小，成本较低等优点。异步电机有较高的运行效率和较好的工作特性，从空载到满载范围内接近恒速运行，能满足大多数工农业生产机械的传动要求。由于异步电机的转速与其旋转磁场转速有一定的转差关系，其调速性能较差。

3. 特斯拉电动汽车三相异步电机构造

在特斯拉的四驱车上，使用三相异步电机和永磁同步电机。

由于永磁体依赖稀土，如果想要大的功率，就要大块的永磁体，造价高；而且虽然叫“永磁”，但它在高温之类的恶劣环境下容易退磁。

至于异步电机，成本十分低廉，工艺简单、运行可靠、维修方便等特点，能够在复杂的工作环境中工作，也对周围工作温度的大幅度变化有比较强的适应能力。在同样的功率和扭矩下，异步电机所需要的体积和重量要远大于永磁同步电机。

特斯拉在异步电机上有自己的专利，规避了异步电机的缺点，比如铜芯转子的技术，如图 4-2-11 所示。

目前大多数异步电机的转子，就是那个鼠笼，的材料是铝，铝有着较好的电导率和较低的熔点（ 660.4°C ）成本也有优势，但是它的效率有限，难以更进一步，如果使用电导率更高的铜来制作鼠笼，电机的效率将会显著提升。但是铜的熔点高（ 1083°C ），铜芯转子难以制造；并且焊接铜的成本也很高，对焊点强度的要求也很高。Tesla 的专利 Rotor Design for An Electric Motor，采用了焊接铜工艺，先是与焊接鼠笼技术方案相同，将铜条插入了转子槽中，之

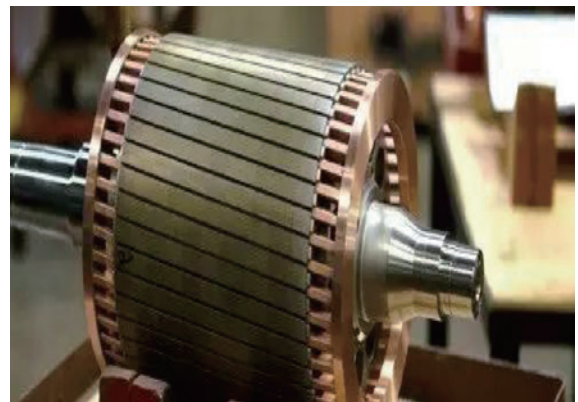


图 4-2-11 特斯拉三相异步电机转子

后本来应该焊接端环，但特斯拉制造了一组表面镀银的铜质楔子，将这些楔子插入了铜条端部的间隙之中，插完楔子之后，在楔子和铜条之间进行焊接，这个焊接要求的成本、难度都比较低。焊接完成后，再把端环插进去。如图 4-2-12 所示。

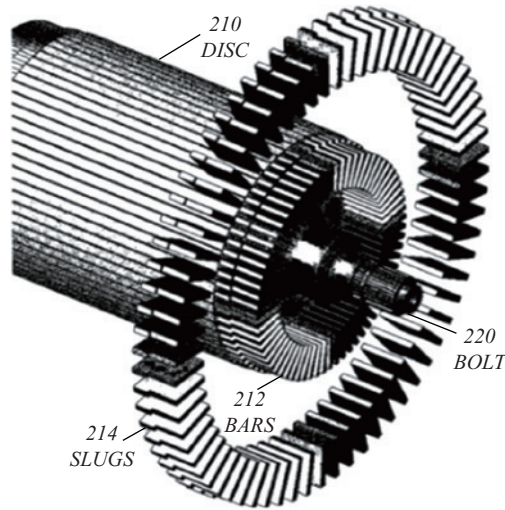


图 4-2-12 Tesla 的专利焊接铜工艺

由于异步电机没有能量回收功能，因此，在制动和减速时的能量回收由永磁同步电机负责。

四、永磁同步电机基本原理

永磁同步电机原理如图 4-2-13 所示。其控制电路由控制开关、逆变器、定子线圈、永磁转子、电流传感器、转子位置传感器等组成。其转子为永久磁铁。永磁同步电机的效率可达 90% 以上。

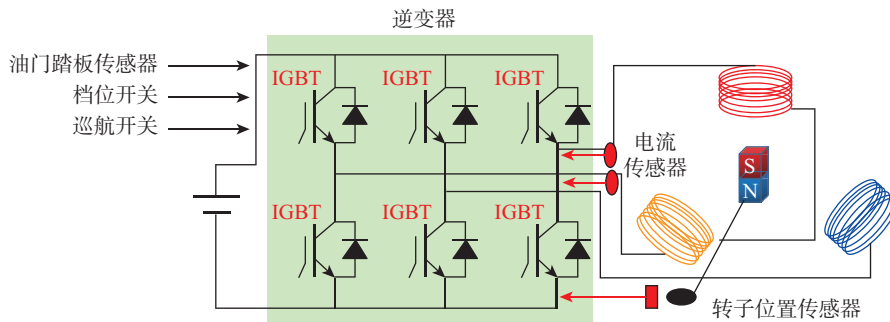


图 4-2-13 永磁同步电机原理图

1. 电机转动原理

逆变器收到油门踏板传感器信号和档位信号后，首先通过转子位置传感器检测转子所处位置（即转子磁场位置），再根据档位信（前进挡或倒退档）号确定转子的转动方向，以此即可确定定子所要产生的合成磁场位置。逆变器电脑控制不同 IGBT 导通的占空比使定子定子三组线圈产生的合成磁场符合计算的位置，根据同极相斥异极相吸的原理，驱动转子转动。当转子位置传感器检测到转子转动的新位置后，再将位置信息传递给逆变器，逆变器再计算合成磁场应该出现的位置，据此调整不同 IGBT 导通的占空比，以此循环。

在电机运转过程中，电流传感器检测逆变器输送给电机的电流强度，逆变器以此判定电机的扭矩。

2. 能量回收原理

在车辆减速或制动时，IGBT 停止工作。此时，定子线圈感应转子磁场变化而产生三相交流电，三相交流电经过由二极管组成的整流器整流成直流电向电池充电。



第三节 电动汽车永磁同步电机结构及控制

目前，电动汽车驱动电机大多使用永磁同步电机，如图 4-3-1 所示。永磁同步电机控制系统由电机控制器、驱动电机、冷却系统组成。

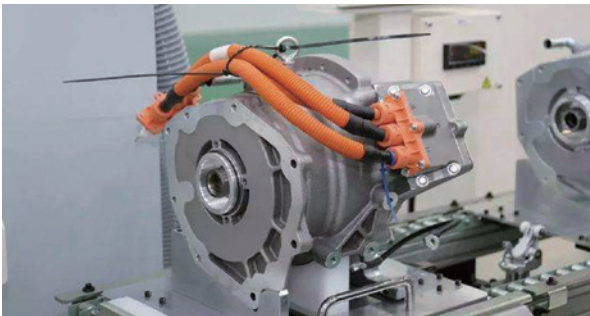


图 4-3-1 驱动电机

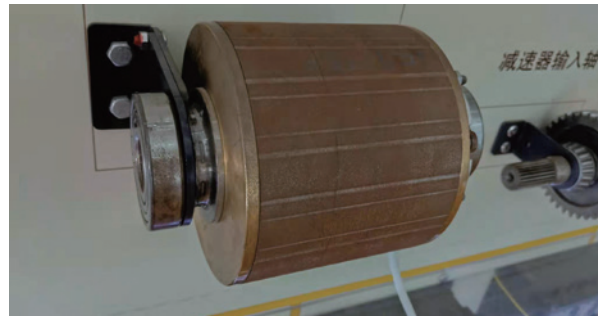


图 4-3-2 永磁转子

一、永磁电机

1. 永磁电机结构

永磁电机一般有永磁转子（如图 4-3-2）、定子、电机温度传感器（如图 4-3-3）、旋变传感器（如图 4-3-4）组成。

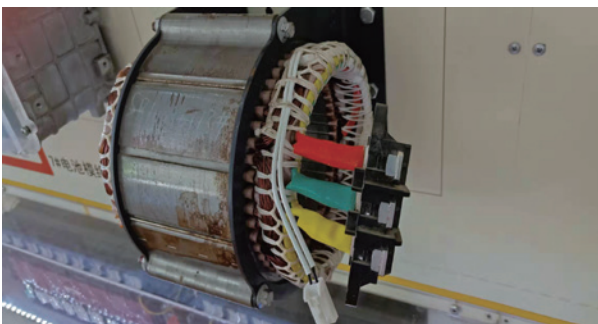


图 4-3-3 定子、电机温度传感器



图 4-3-4 旋变传感器

2. 旋变传感器

旋转变压器又称为解析器，用于检测转子磁极的位置，逆变器只有得到转子磁极的位置才能控制定子线圈的电流，控制转子的转动方向。

（1）旋转变压器的结构旋转变压器是可靠性极高且结构紧凑的传感器，可精确检测磁极位置。旋转变压器的定子包括三种绕组：励磁绕组 A、检测绕组 S 和检测绕组 C，其结构如图 4-3-5 所示。

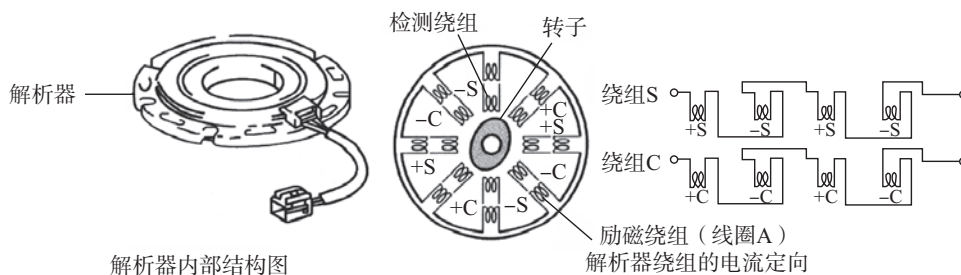


图 4-3-5 旋转变压器的结构与工作原理

旋转变压器的转子为椭圆形，定子与转子间的距离随转子的旋转而变化。交流电流入励磁绕组 A，产生频率恒定的磁场。使用该频率恒定的磁场，绕组 S 和绕组 C 将输出与转子位置对应的值。因此，电机控制器根据绕组 S 和绕组 C 输出值之间的差异检测出绝对位置。此外，电机控制器根据规定时间内位置的变化量计算转速。

(2) 旋转变压器的工作原理检测绕组 S 的 +S 和 -S 错开 90° ，+C 和 -C 也以同样的方式错开，绕组 C 和 S 之间相距 45° 检测绕组的电流定向，如图 4-3-5 所示。

由于旋转变压器的励磁绕组中为频率恒定的交流电，因此无论转子转速如何，频率恒定的磁场均会输出至绕组 S 和绕组 C。励磁绕组的磁场由转子送至绕组 S 和绕组 C。转子为椭圆形，旋转变压器的定子与其转子之间的间隙随转子的旋转而变化。由于间隙的变化，绕组 S 和绕组 C 输出波形的峰值随转子位置的变化而变化。电机控制器持续监视这些峰值，并将其连接形成虚拟波形。电机控制器根据绕组 S 和绕组 C 值之间的差异计算转子的绝对位置。其根据绕组 S 的虚拟波形和绕组 C 的虚拟波形的相位差判定转子的方向。此外，电机控制器根据规定时间内转子位置的变化量计算转速。转子旋转 180° 时绕组 A、绕组 S 和绕组 C 的输出波形如图 4-3-6 所示。

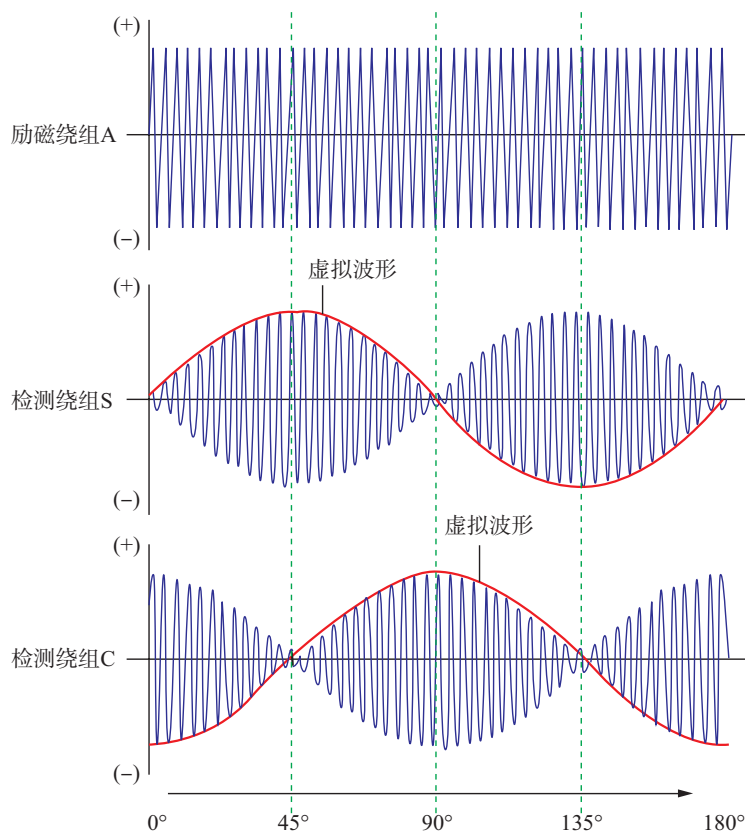


图 4-3-6 绕组 A、绕组 S、绕组 C 的输出波形

3. 温度传感器

温度传感器安装在定子内部，用于定子的温度，电机控制器根据各温度传感器的信号对电机进行优化控制。冷却系统据此信息进行控制。

二、电机控制器

电机控制器（如图 4-3-7）是控制动力电池与电机之间能量传输的装置，由逆变器和控制器两部分组成。



图 4-3-7 电机控制器

逆变器接收电池输送过来的直流电能，逆变成三相交流电给电动汽车驱动电机提供电源。

控制器接收加速踏板传感器信号、档位信号、巡航信号和旋变传感器信号，以此来控制变频器频率的升降及输出三相交流电的相序，从而达到加速、前进、倒退的目的。在制动时，控制器接收到制动踏板深度传感器信号后进行能量回收控制。控制器接收还电机转速等信号反馈到仪表。当控制器检测到高压电池欠压时，实施欠压保护。当控制器检测到输出电流过高时，实施过流保护。

电机控制器控制框架如图 4-3-8 所示。

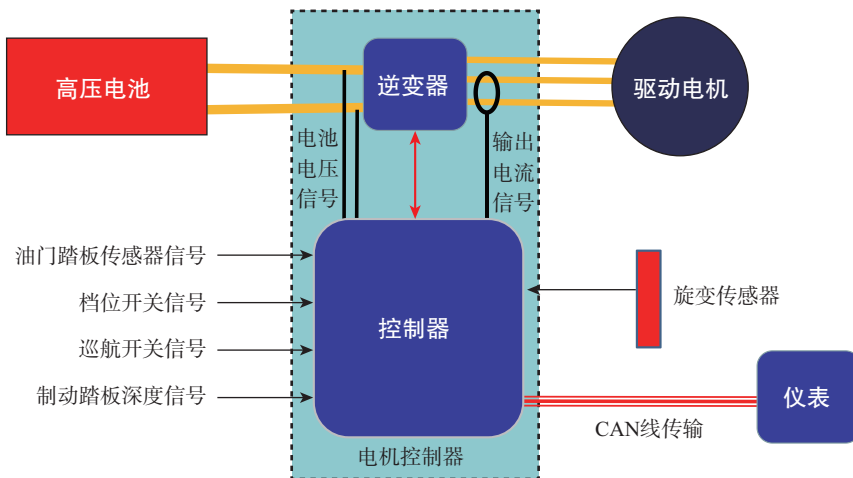


图 4-3-8 电机控制器控制框架图

目前，一些车型将电机控制器、DC-DC、充电器等集成为一个整体。

三、冷却系统

在电机运行中，电机和电机控制器会产生大量的热量，随着热量过多的堆积会使部件温度过高，严重影响部件的工作效率及使用寿命，因此需要对其冷却以保证其温度在设计范围之内。

电动汽车动力系统冷却方式分为风冷和水冷。由于风冷系统的效率低，温度控制不精准，目前主要使用水冷却系统。

水冷却系统是在电机控制器内部和电机的定子内部设计了水道，如图 4-3-9 和图 4-3-10 所示。冷却水在电子水泵的带动下通过电机控制器内部和电机的定子内部的水道，将热量带到散热器，散热器在散热风扇的作用下将冷却水冷却，再送入到电机控制器内部和电机的定子内部的水道，以此形成循环。

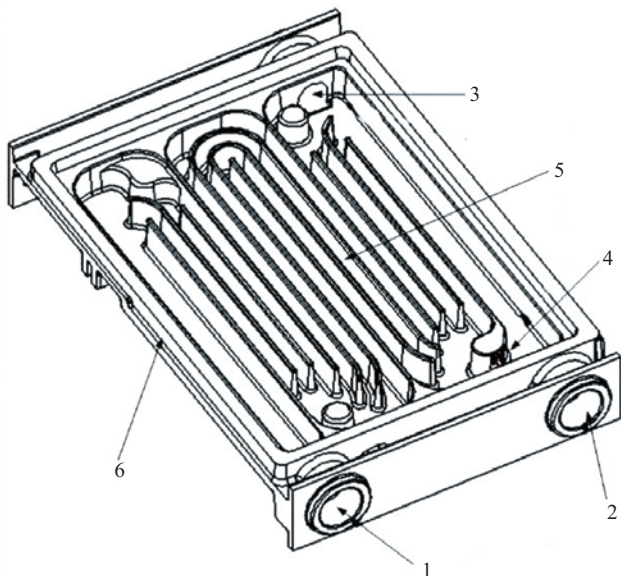


图 4-3-9 电机控制器内部水道

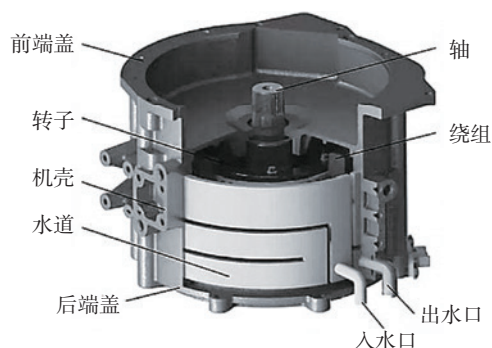


图 4-3-10 电机定子内部水道

水冷却系统有串联式和并联式两种冷却方式。分别如图 4-3-11 和图 4-3-12 所示。对于串联式来说，散热器冷却的水先经过电机控制器加热后在进入电机，会影响电机的冷却，但结构简单，布置容易。对于并联式来说，电机控制器和电机进水均为散热器出水口温度，所以其散热效果好，但管路复杂，并且流量分配较困难。

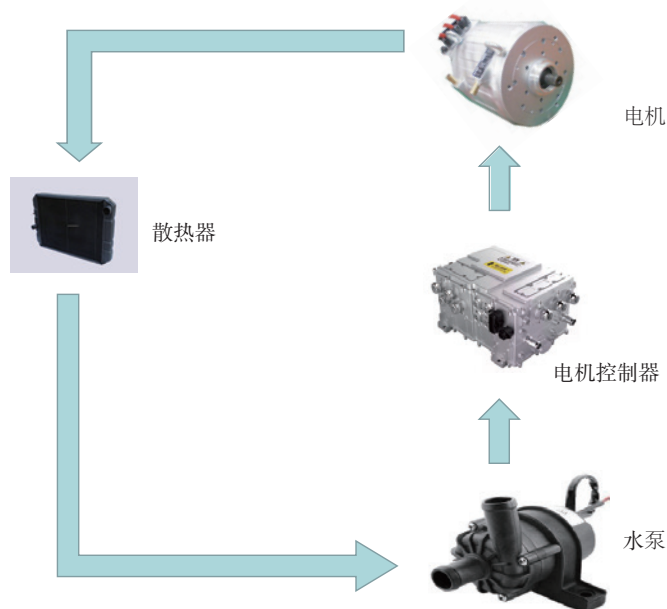


图 4-3-11 动力系统串联式水冷却方式

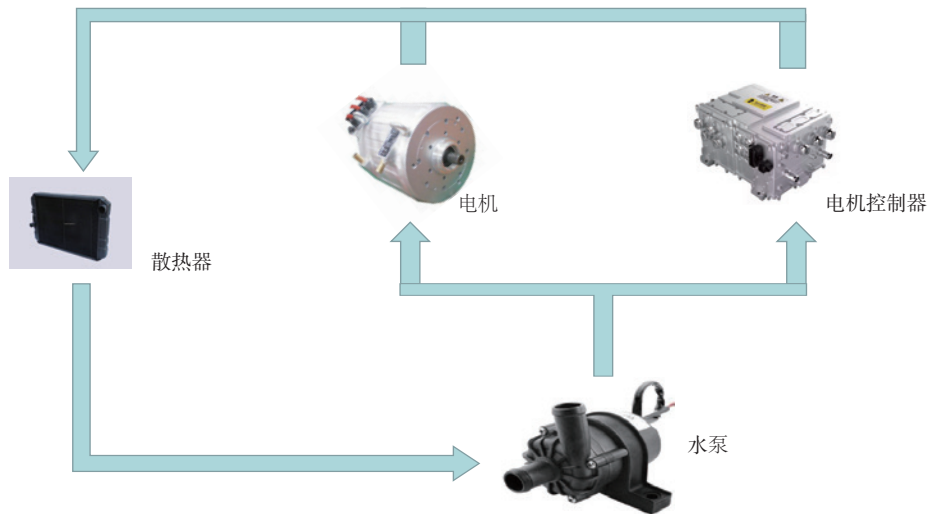


图 4-3-12 动力系统并联式水冷却方式

四、电机常见故障处理

1. 电机系统高压暴露故障（图 4-3-13）

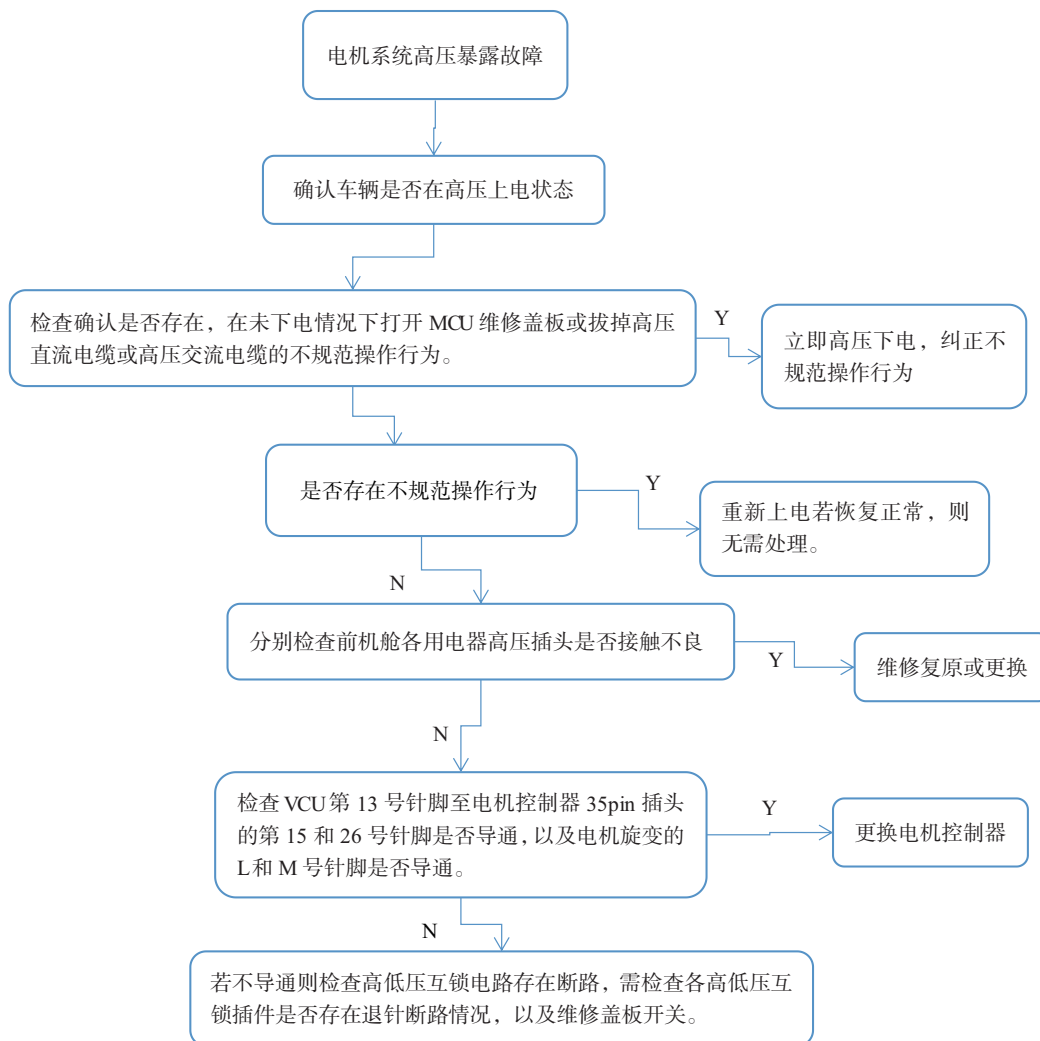


图 4-3-13

操作流程：

(1) 首先要确认车辆故障现象：打开车辆点火开关，观察车辆仪表发现整车无法高压上电，电机系统专用报警灯闪烁，MIL 灯同时点亮，报警音短鸣。使用故障诊断仪读取故障码，显示故障码为 P0A0A94，故障名称为电机系统高压暴露故障。

分析出现电机系统高压暴露故障的可能原因

- 1) 有非断电状态拔插高压系统接插件
- 2) 电机系统高压插接件松动
- 3) 高低压互锁电路故障

首先确定是否有在未下电情况下打开 MCU 维修盖板或拔掉高压直流电缆、高压交流电缆的不规范操作行为，如有请务必及时纠正，确保以后安全规范的进行操作，对车辆进行高压下电操作，重新上电观察车辆故障是否消失。

(2) 如故障依然存在则检查电机系统高压接插件的连接情况，首先断开低压蓄电池负极电缆，等待 5-10 分钟时间，确定电机控制器中的高压电容被完全放电再进行操作，检查高压接插件是否连接牢靠，是否有损坏，检查高压系统各线束有无老化破损情况。如果线束连接及高压接插件没有问题则检查高低压互锁电路，首先检查 VCU 13 号针脚至电机控制器 MCU 15 号和 MCU 26 号针脚是否导通，以及 MCU 15 号与电机旋变 L 角和 MCU 26 号角与电机旋变的 M 号针脚是否导通，如不导通则说明驱动电机系统高低压互锁电路存在故障，检查电机控制器的 35pin 插头和电机的低压旋变是否有脱离或者虚接现象，电机控制器维修盖板和电机接线盒维修盖板开关是否损坏，若损坏则立即修复或更换。

(3) 若互锁电路无故障则说明电机控制器内部硬件电路失效或者存在软硬件版本不匹配的问题，需要更换电机控制器。

2.EV160-2016 款车型，车辆踩制动踏板挂档不走车（图 4-3-14）

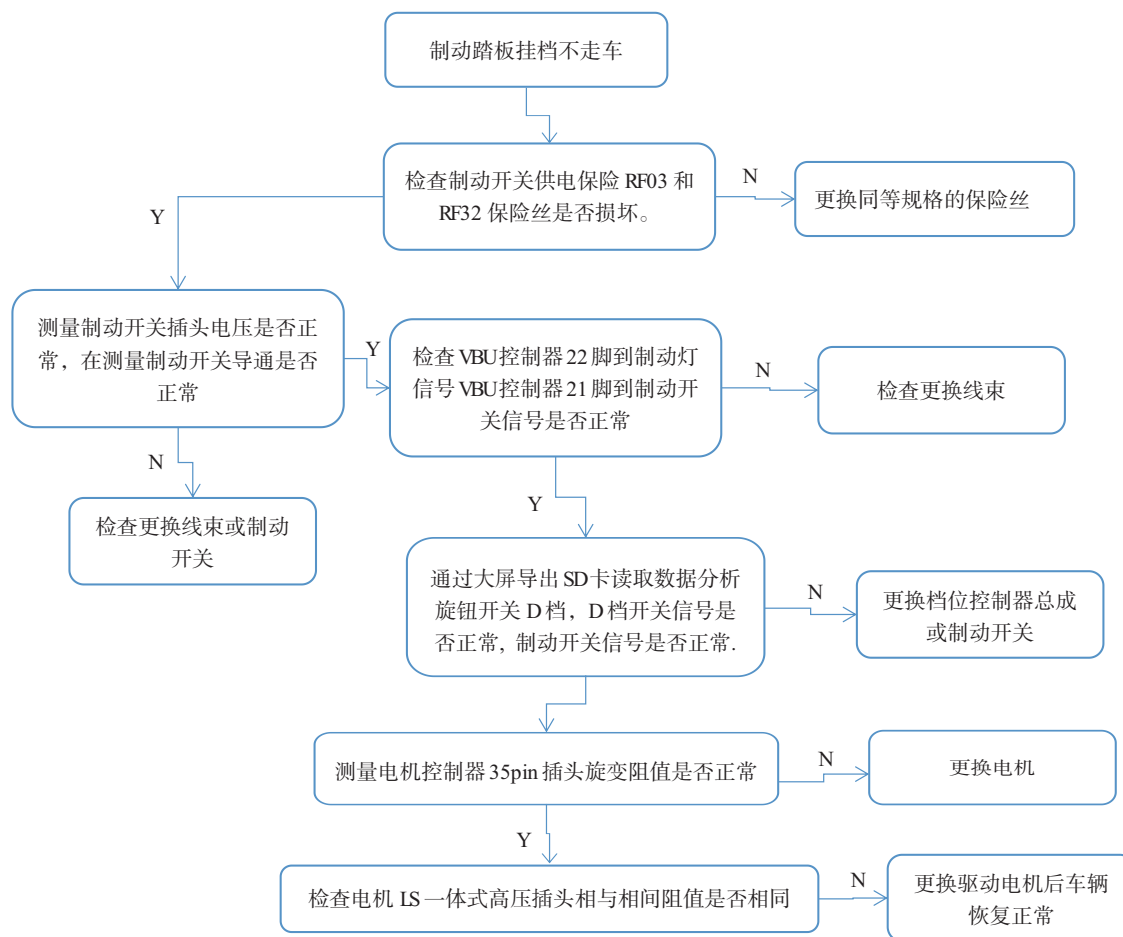


图 4-3-14

操作流程:

故障现象: 客户反映车辆踩制动踏板挂档不走车, 仪表盘显示无故障情况

可能原因分析:

- 制动开关保险是否损坏
- 制动开关是否损坏
- VBU 控制器是否损坏
- PEU 控制器是否有故障
- 驱动电机是否有故障

档位控制器是否存在故障

(1) 首先钥匙开关置于 ON 档以后, 用万表测量低压保险盒 EF03 (10A 保险)、EF32 (7.5A 保险) 若不正常则更换同等规格的保险丝, 若正常则用万用表测量制动开关插头电压是否正常, 在测量制动开关导通是否正常。若不正常则更换线束或者制动开关。

(2) 若上一步正常则检查 VBU 控制器 22 脚到制动灯信号是否正常, VBU 控制器 21 脚到制动开关信号是否正常, 若不正常则检查更换线束, 若正常则通过大屏导出 SD 卡读取数据分析旋钮开关 D 档, D 档开关信号是否正常, 制动开关信号是否正常。不正常则更换旋钮开关总成或制动开关。

(3) 测量电机控制器 35pin 插头旋变阻值是否正常若电机控制器相与相间阻值符合要求若不正常则更换电机, 若正常则检查电机 LS 集成式插头内部电机通过利用万用表分别检测电机的 U 相与 V 相之间、V 相 W 相之间、U 相 W 相之间电阻来判断是否发生缺相, UV, VW, UW 相互之间的差值大于 0.5 欧即判定为电机缺相请更换电机。最后检查结果发现相与相间阻值大于 0.5 欧姆, 所以更换驱动电机。

3. 驱动电机过温故障检修 (图 4-3-15)

操作流程:

(1) 首先要确认车辆故障现象: 打开车辆点火开关, 运行车辆一段时间后, 观察车辆仪表, 发现电机系统专用报警灯闪烁, MIL 灯同时点亮, 报警音短鸣。使用故障诊断仪读取故障码, 显示故障码为 P0A2F98, 故障名称为电机过温故障。整车重新上下电故障仍然存在。

分析出现电机过温故障的可能原因有冷却系统故障, 或者电机本身、电机控制系统本身故障。

(2) 先检查冷却系统: 目视检查冷却液液位是否在标准线以内, 判断冷却液消耗是否异常, 如果异常则需要检查系统是否存在漏水, 第一步先检查膨胀水壶本体以及盖子和密封圈是否漏水, 若漏水则进行修复或更换处理。若不漏水则检查冷却系统其他部件是否有漏水现象, 从引擎舱上方检查电机控制器后端的进出水口、PDU 进出水口等, 然后操作举升机将车辆举升至合适位置拆下护板检查驱动电机的进出水口有无渗漏迹象。最后检查水泵附近、水箱散热器和散热器放水螺塞是否有漏水现象。如果发现渗漏则根据情况更换部件或者加密封胶进行防漏处理。

(3) 如果冷却系统无漏水, 则检查冷却系统部件工作情况, 首先检查水泵保险丝是否完好, 若损坏则更换同等规格的保险丝。如果水泵保险丝完好, 则检查水泵继电器, 用一根导线跨接继电器的触点端子观察水泵是否运行, 如果运行则说明水泵继电器损坏需进行更换, 如果仍不运行则用万用表直流电压档测量水泵供电线束端子是否存在 12V 电压, 如果有电则说明水泵内部损坏需要进行更换。如果没电则检查线束是否存在断路以及针脚虚接退针等情况。

(4) 如果水泵工作正常则检查冷却风扇, 目视检查冷却风扇本身是否有损坏, 检查冷却风扇的保险丝是否熔断, 若保险丝损坏则更换同等规格的保险丝。

(5) 若驱动电机冷却系统工作正常, 则检查电机温度传感器, 首先断开低压蓄电池负极电缆, 等待 5-10 分钟时间, 确定电机控制器中的高压电容被完全放电后再进行操作, 使用万用表欧姆档检查电机控制器低压 35pin 接插件 10 号和 9 号针脚间阻值是否在 $(30 \pm 10) \Omega$ 的区间范围内, 若不正常则先检查电机控制器端到电机端低压旋变的信号线束, 目视检查信号线束是否有断裂、损坏, 两端的接插件是否完好、针脚是否有退针情况, 如无则选用万用表欧姆档检查线束通断情况, 一个表笔接电机控制器 35pin 接插件的 10 号针脚, 另一表笔接电机旋变接插件的 G 脚, 检查通断, 同样方法测量 9 号针脚与 H 脚。若线束检测正常则检查电机端上低压旋变插头 G、H 角之间的阻值是否在 1 千欧姆左右, 检测方法为使用万用表欧姆档, 表笔一端接 G 角另一只表笔接 H 角, 记录万用表显示的稳定示数, 与标准值进行对比。若阻值不正常, 则更换针脚启用备用温度传感器。

(6) 若温度传感器和线束均正常, 则需检查温度传感器的供电电压, 在断电状态下断开电机端低

压接插件，再连接蓄电池，将点火开关置于 ON 档，选用万用表直流电压档，红色表笔接旋变低压接插件端 G 脚，黑色表笔接电机搭铁端，检查电压值是否为 5V 左右，若相差较大则说明电机控制器故障需要进行更换。

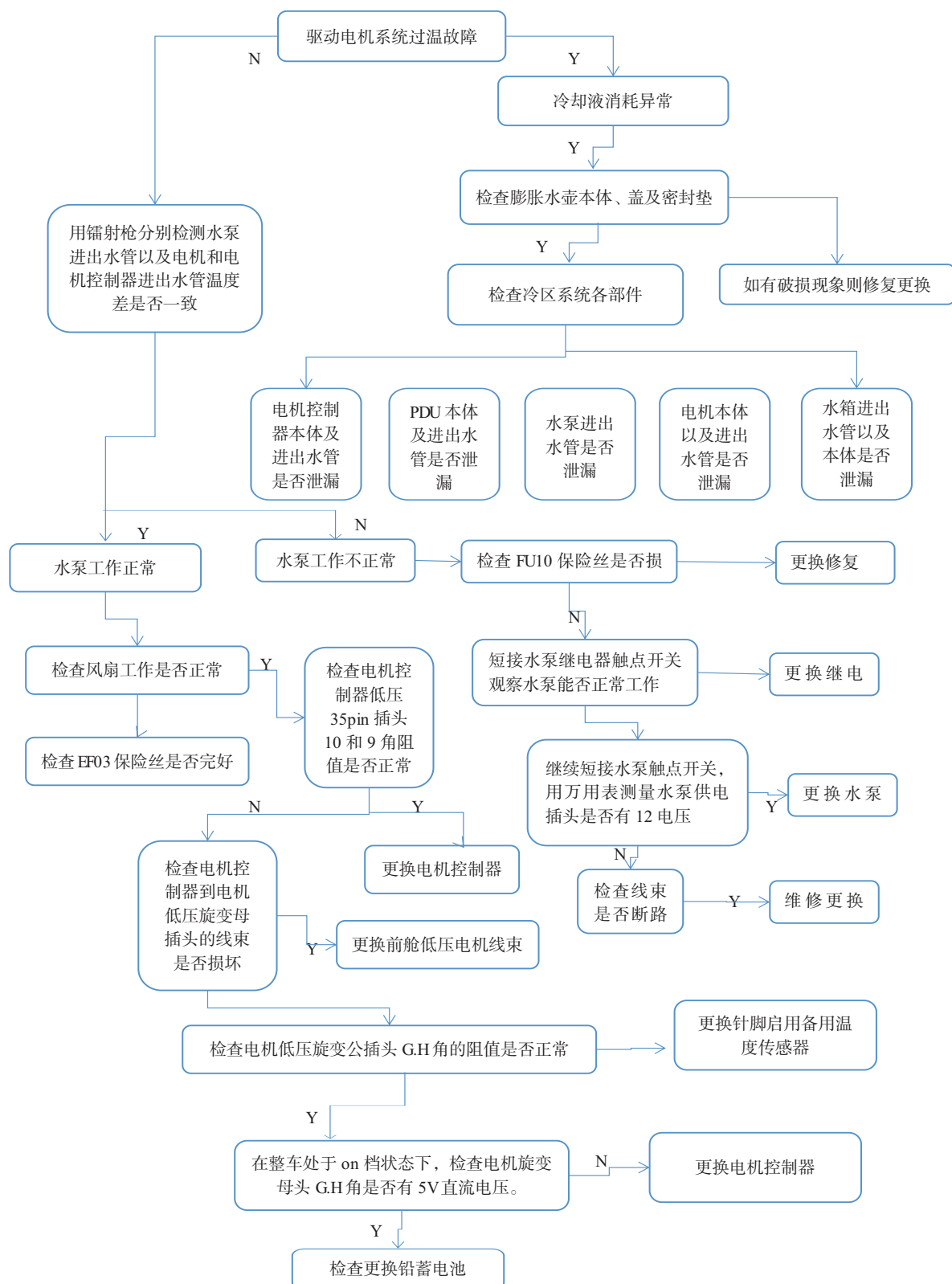


图 4-3-15

4. 驱动电机运行抖动故障检修 (图 4-3-16)

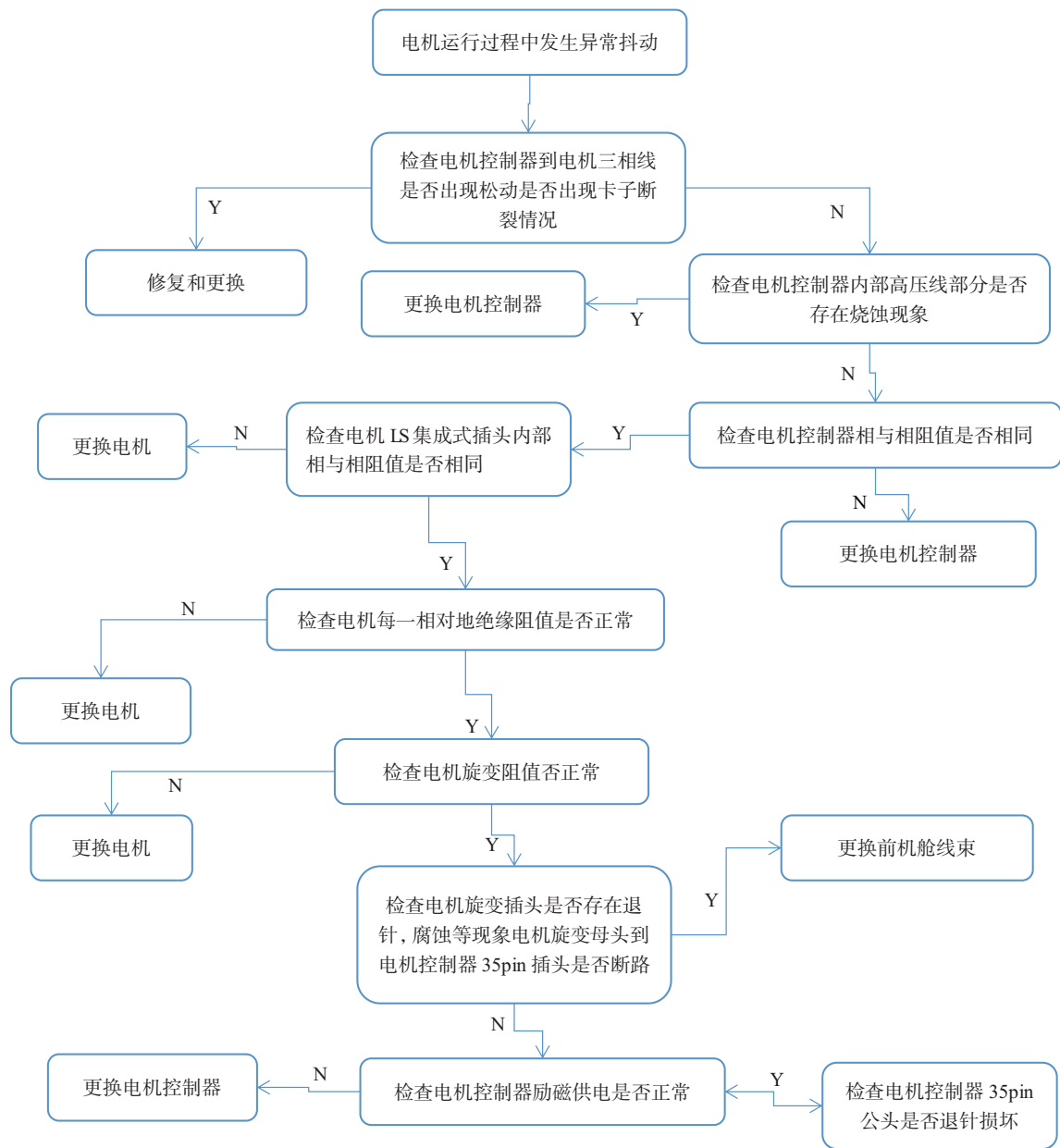


图 4-3-16

故障现象：车辆在行驶过程中，车辆经常发生抖动异常现象。

操作流程：

(1) 首先打开点火开关，运行驱动电机，观察车辆运行情况，发现车子抖动，检查电机的运行情况确认是由驱动电机运行抖动引起。

分析引起驱动电机抖动的原因可能有：驱动电机的固定装置松动，或者驱动电机运行时存在缺相。

首先检查驱动电机的固定装置，检查驱动电机减速器总成与后悬置总成连接部位螺栓是否松动或缺失，如松动或缺失则重新按规定扭矩安装紧固螺栓并涂抹螺纹胶防止螺栓再次松动。检查后悬置软垫总成是否磨损，注意检查胶垫是否开裂，胶垫与总成连接部位是否松动，若发现问题则立即更换同等规格的新件。

用同样方法检查驱动电机左右悬置总成，检查胶垫是否磨损，螺栓是否松动，若发现异常则立即更换新件或重新安装螺栓紧固到位。

(2) 若固定装置正常则检查确定电机本身运行时是否可能出现缺相，首先断开低压蓄电池负极电缆，

检查电机控制器至驱动电机的交流高压线束是否出现卡子断裂或接插件松动的情况，因驱动电机交流高压线束与电机是一体的，如果线束有损坏，则需更换驱动电机总成。若线束正常则打开电机控制器盖板，检查电缆接头有无烧蚀现象（烧蚀现象多是由于电缆接头在初装时未打紧引起），如有则需更换电机控制器总成，由于电机控制器内部存在固定高压线的螺丝松动时很容易产生电弧烧蚀接触点的情况发生，所以复原车辆时要确定图中电缆接头被紧固到位。

若不存在烧蚀则检查电机控制器端的交流高压插件相与相之间的电阻，选用万用表欧姆档分别检测插件端子 U 与 V、U 与 W、V 与 W 之间的电阻，其相互之间的差值不能大于 $0.5\ \Omega$ ，否则判定缺相需要更换电机控制器总成。

(3) 若电机控制器端相与相之间阻值符合要求则检查驱动电机的定子绕组电阻，选用万用表欧姆档分别检测电机的 U 相与 V 相之间、V 相 W 相之间、U 相 W 相之间电阻来判断是否发生缺相，U-V、V-W、U-W 相互之间的电阻的差值大于 $0.5\ \Omega$ 则判定电机定子绕组存在匝间短路或者断路，需要更换电机。

(4) 若驱动电机的定子绕组三相电阻均正常则检查定子绕组与电机壳体之间的绝缘情况，选用绝缘表，将绝缘表档位调至 500V 档，一个表笔分别接电机交流高压接插件的 U、V、W 端，另一表笔一直接电机壳体，测量电机三相定子绕组与电机壳体的绝缘阻值，若任何一相与壳体绝缘阻值小于 $250\text{M}\ \Omega$ ，则需更换驱动电机。

(5) 若电机定子绕组正常则检查电机旋变，选用万用表，将万用表调至欧姆档，红黑表笔分别接驱动电机低压接口的 A、B 端子检测电机旋变激励绕组电阻，与其标准值 $30\pm 10\ \Omega$ 做比较，红黑表笔分别接 C、D 端子检测电机旋变余弦绕组电阻，与其标准值 $60\pm 10\ \Omega$ 做比较，红黑表笔分别接 E、F 端子检测电机旋变正弦绕组电阻，与其标准值 $60\pm 10\ \Omega$ 作比较，若任一电阻值超出正常范围，则需要更换电机总成。

(6) 若旋变电阻正常则检查电机控制器端到电机端低压旋变的信号线束，目视检查信号线束是否有断裂、损坏，两端的接插件是否完好、针脚是否有退针情况，如无则选用万用表欧姆档，红黑表笔分别接线束两端接插件对应端子 12 和 A，11 和 B，35 和 C，34 和 D，23 和 E，22 和 F，检查电机旋变接插件到电机控制器 35pin 接插件是否断路，如有问题则更换信号线束。若正常则检查电机控制器励磁供电是否正常，选用万用表交流电压档，红黑表笔通过刺针连接电机控制器 35pin 低压接插件的 12 号和 11 号针脚，测量励磁供电电压，标准值应为 3-3.5V，若超出范围则需要更换电机控制器。

5. 电机控制器低压电源欠电压故障检修（图 4-3-17）

故障现象：车辆无法行驶、驱动低压电源模块故障。

操作流程：

(1) 首先要确认车辆故障现象：打开车辆点火开关，运行车辆一段时间后，观察车辆仪表，发现 MIL 灯点亮，报警音短鸣。使用故障诊断仪读取故障码，显示故障码为 U300316，故障名称为电机控制器低压电源欠压故障。

分析出现电机控制器低压电源欠压故障的可能原因有低压蓄电池亏电，低压供电线路故障，或者电机控制器本身出现问题。

(2) 首先清除故障码并重启车辆，重新读取故障码，观察车辆能否正常运行，若故障消失，视为电机控制器误报，清除故障码即可，若故障依然存在，则用诊断设备读取驱动电机系统数据流，观察低压供电是否正常。

(3) 检查蓄电池正、负极电缆与蓄电池桩头连接是否松动、虚接，必要时进行紧固修复，如果正常则选用万用表直流电压档，红色表笔接蓄电池正极，黑色表笔接蓄电池负极，检查蓄电池电压，如果测量值低于 10v，则说明蓄电池亏电，需要对蓄电池进行充电，若蓄电池使用寿命达到极限值则更换新的蓄电池。

(4) 若蓄电池正常则检查电机控制器端控制电源接口的电压，选用万用表直流电压档，红色表笔通过刺针接电机控制器 35pin 低压插件 1 号针脚，黑色表笔通过刺针接 24 号针脚，检测控制电源电压，测量值应与蓄电池电压一致或稍有误差，若电压正常则说明蓄电池及低压供电线路均正常，电机控制器内部功能模块出现问题，需更换电机控制器。

(5) 若控制电源接口电压不正常则检查引擎舱电机系统低压线束是否有断裂、损坏，断开 35pin 接插件，检查电机控制器端插件是否完好，针脚是否有退针、锈蚀情况，线束端接插件是否存在插孔过大等导致虚接的情况。

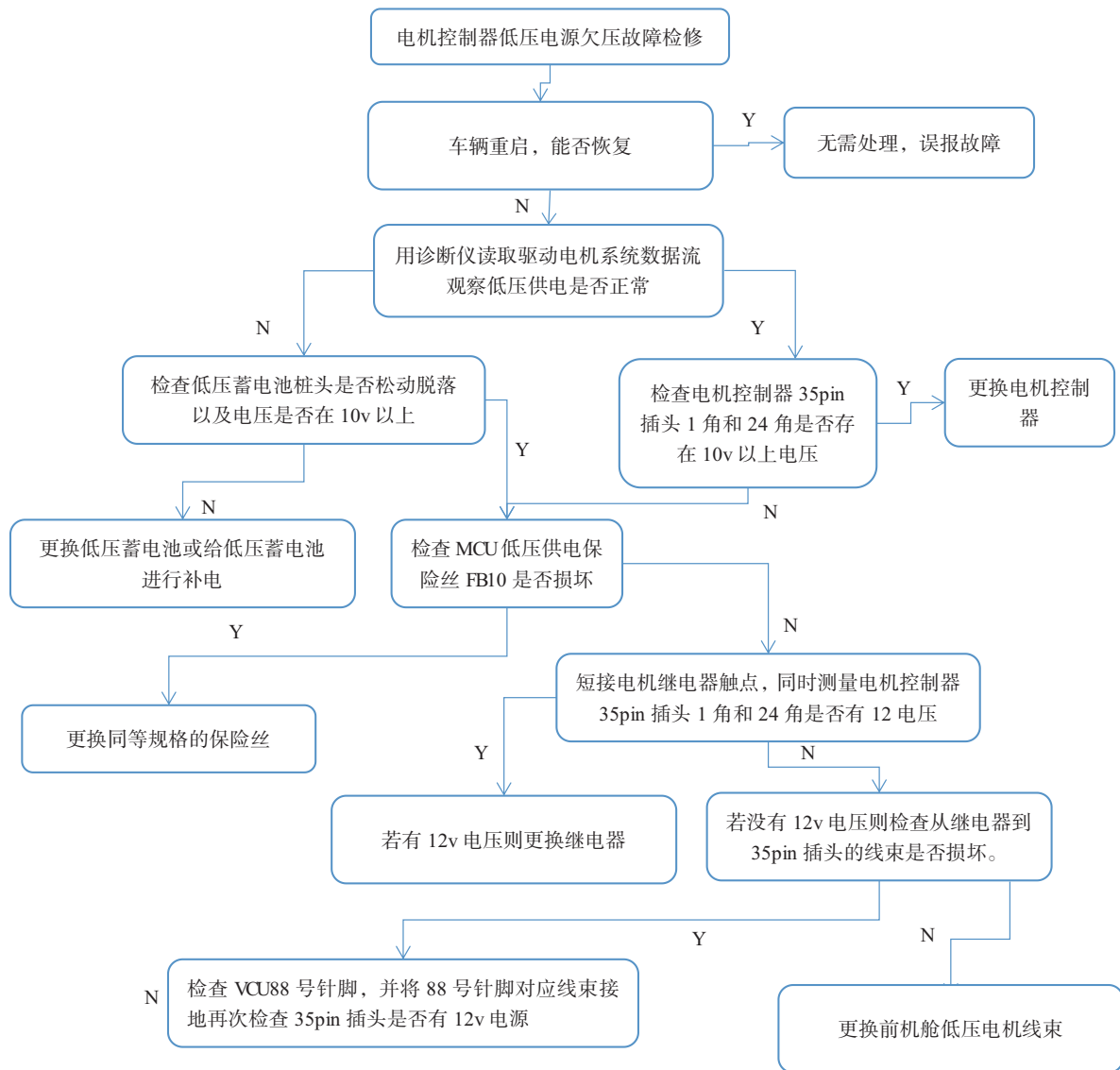


图 4-3-17

(6) 若线束及接插件都正常则检查 MCU 低压供电保险丝是否熔断，若熔断则更换同等规格的保险丝，若保险丝完好则短接电机继电器触点，同时再次测量电机控制器 35pin 低压插件 1 号针脚和 24 号针脚电压是否正常，若正常则说明继电器损坏需要进行更换。若电压仍不正常则检查从继电器到 35pin 插头的线束是否损坏，若损坏则更换引擎舱低压电机线束。检查 VCU88 号针脚，并将 88 号针脚对应线束接地再次检查 35pin 插头是否有 12v 电源。因为电机控制器的低压电源由 vcu 的 88 号针脚通过继电器搭铁控制电源的通断。

6. 电机超速故障 (图 4-3-18)

操作流程:

电机超速故障可能的原因有 整车负载突然降低，电机扭矩控制失效，比如车辆在冰面上行驶，或者车辆陷入泥坑，导致车辆无法正常行驶。所以重新上下电，观察车辆是否恢复正常若不恢复正常则进入下一步。电机超速故障另一个可能的原因是电机低压信号线插头连接松动或者退针，所以我们检查 mcu35pin 母头插头旋变信号是否正常若正常则继续检查电机公头端的旋变阻值是否为正常，若正常则更换前机舱电机低压线束，若不正常则更换驱动电机。

若检查 mcu35pin 母头插头旋变信号正常则检查励磁供电是否正常因为电机控制器的功能之一是给旋变传感器的励磁线圈供电，若供电不正常则更换电机控制器，若正常则检查正余弦绕组输出波形信号是否出现异常，若出现异常则更换电机。

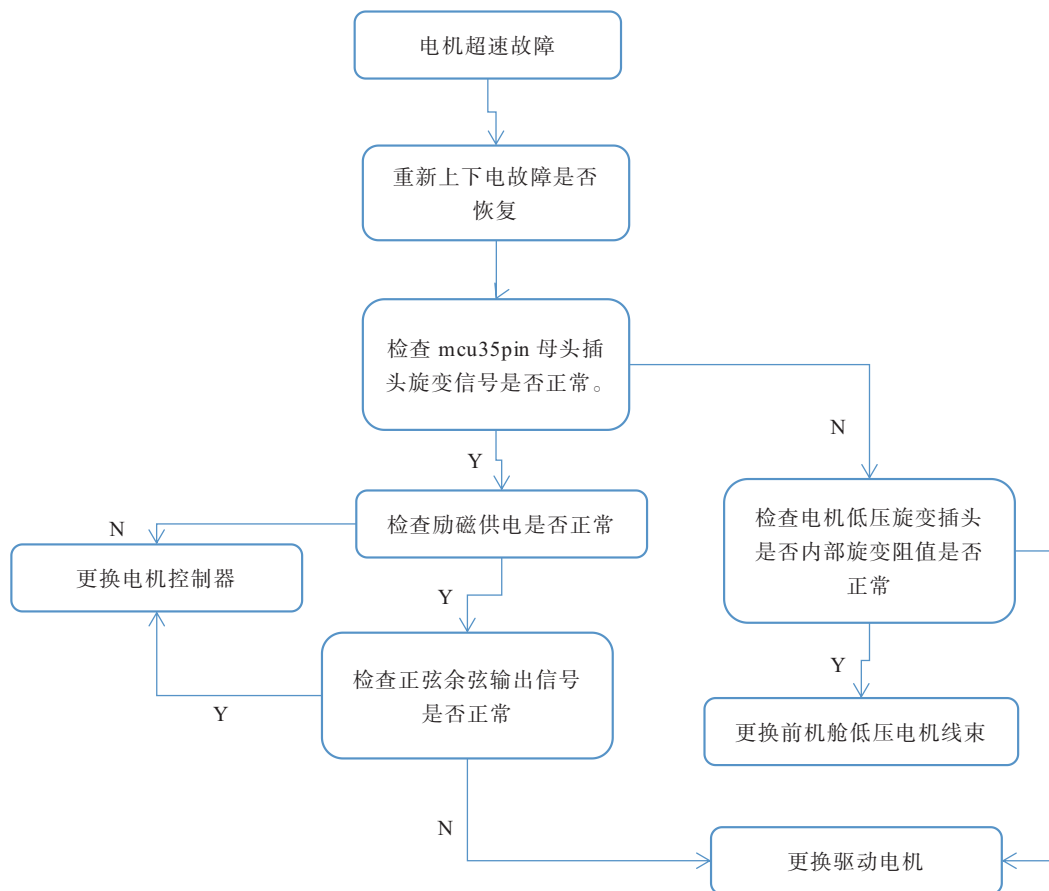


图 4-3-18

7. 车辆起步和制动时驱动电机异响故障检修（图 4-3-19）

操作流程：

(1) 首先进行试车检查，确认故障现象，打开车辆点火开关，踩下制动踏板，将档位调至 D 档，缓缓松开制动踏板，踩加速踏板起步，查听车辆在起步时确实有“咔咔”的异响，异响部位位于电机附近，踩制动踏板停车，同样伴随有异响。

分析车辆起步和制动时驱动电机部位异响的故障原因可能有：驱动电机的固定装置松动；左右侧半轴与减速器连接不平顺；驱动电机与减速器连接不平顺。

(2) 先检查驱动电机的固定装置，检查驱动电机减速器总成与后悬置总成连接部位螺栓是否松动或缺失，如松动或缺失则重新按规定扭矩安装紧固螺栓并涂抹螺纹胶防止螺栓再次松动。检查后悬置软垫总成是否磨损，注意检查胶垫是否开裂，胶垫与总成连接部位是否松动，若发现问题则立即更换同等规格的新件。

用同样方法检查驱动电机左右悬置总成，检查胶垫是否磨损，螺栓是否松动，若发现异常则立即更换新件或重新安装螺栓紧固到位。

(3) 检查左右两侧半轴与减速器连接部位的花键轴是否磨损严重，检查方法为将车辆举升至合适操作位置后，用手反复顺时针和逆时针转动前桥左右两侧的车轮，感受半轴松旷量是否过大，如果感觉松旷量过大，则说明半轴及减速器花键可能磨损严重，可将半轴与减速器分离，目视检查确定半轴及减速器花键是否磨损严重，若发现磨损严重则需立即更换新的半轴和减速器。

(4) 检查驱动电机与减速器连接部位花键的情况，拆下驱动电机，检查驱动电机动力输出轴花键与减速器连接花键是否出现磨损严重或者损坏的现象，若发现磨损严重或损坏则需更换新的电机和减速器总成。

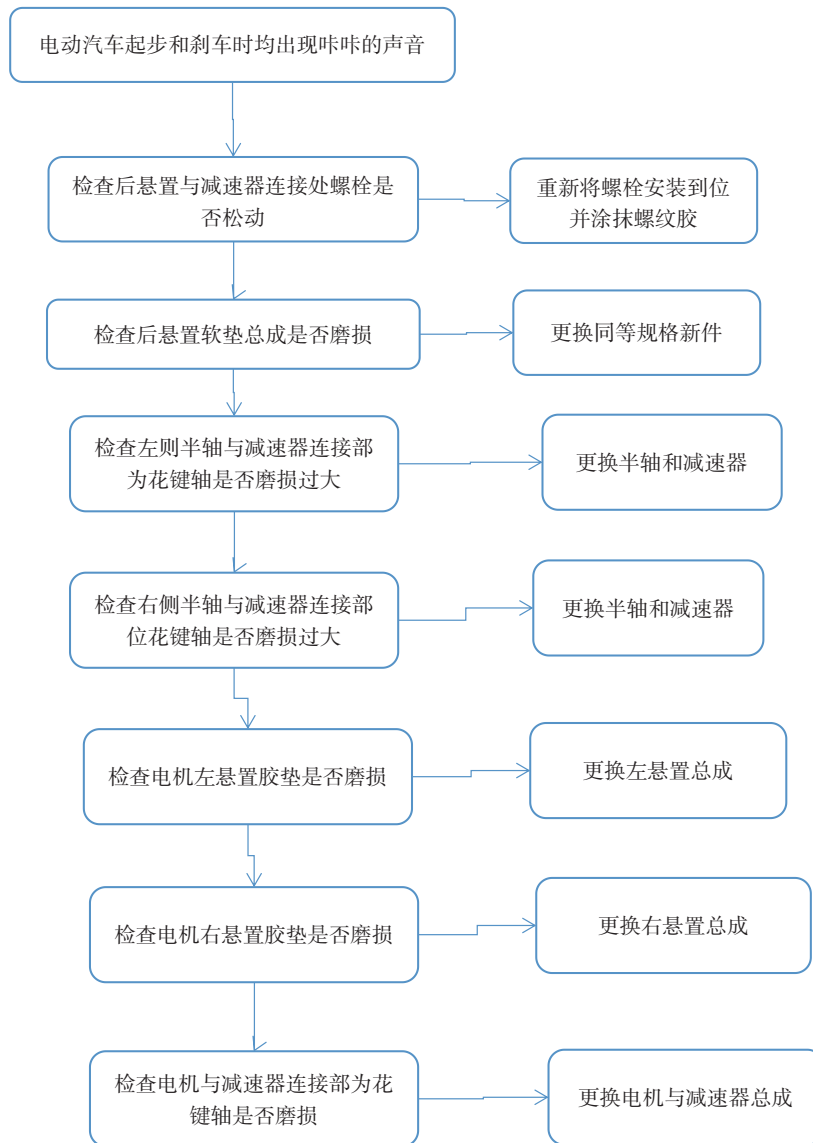


图 4-3-19

8. 驱动电机不工作故障检修（图 4-3-20）

故障现象：车辆无法启动，整车无法上高压。

操作流程：

首先多次重启车辆观察车辆能否恢复，若不能恢复则链接北汽原厂诊断仪读取故障码，读取的故障码为 VCU 与电机控制器通讯丢失故障然后分析造成此故障可能的原因：

- 1) mcu 发送报文失败。
- 2) 终端电阻损坏。
- 3) 线束问题（CANH/CANL 之间或对地短路）。
- 4) 低压接插件接触不良。

CAN 总线故障排查方法

CAN 总线两个终端分别为 BMS 和 VBU，均内嵌一个 120 欧姆终端电阻，在蓄电池负极不接的情况下，正常网络的电阻值应为 60 欧，所以首先断开蓄电池负极一分钟后，拔下电机控制器 35pin 接插件母头，测量 31 号针脚与 32 号针脚之间是否存在 60 欧姆电阻。

若无异常则：检查电机控制器 35pin 接插件是否存在退针，虚接等状况。若存在则修复更换，若不存在则更换电机控制器。

若发现异常则：检查 vcu 和动力电池低压接口终端本体和接插件是否存在退针、错针等状若检查发现异常则立即修复或更换，若不存在异常则测量线束是否断路测量方式为：测量 mcu31 号对应 vcu104 号是否导通测量 mcu32 号对应 vcu111 号是否导通。若不导通则更换低压电机线束，若导通则检查终端电阻是否正常，拔下 vcu 接插件后测量 vcu 本体上的 vcu111 号和 vcu104 号针脚是否存在 120 欧姆电阻。若不存在则更换 vcu，若存在则检查终端电阻，拔下 vcu 接插件后测量接插件母头上的 vcu111 号和 vcu104 号针脚是否存在 120 欧姆电阻。此时测量的是 BMS 终端的阻值。若仍然正常则在蓄电池负极不接的情况，用万用表测量 OBD 的 6 和 14 针脚之间的阻值，如非 60 欧姆，则逐一拔掉含 CAN 插件，直至出现 60 欧姆时，则刚拔插件或用电器存在问题。修复更换即可。

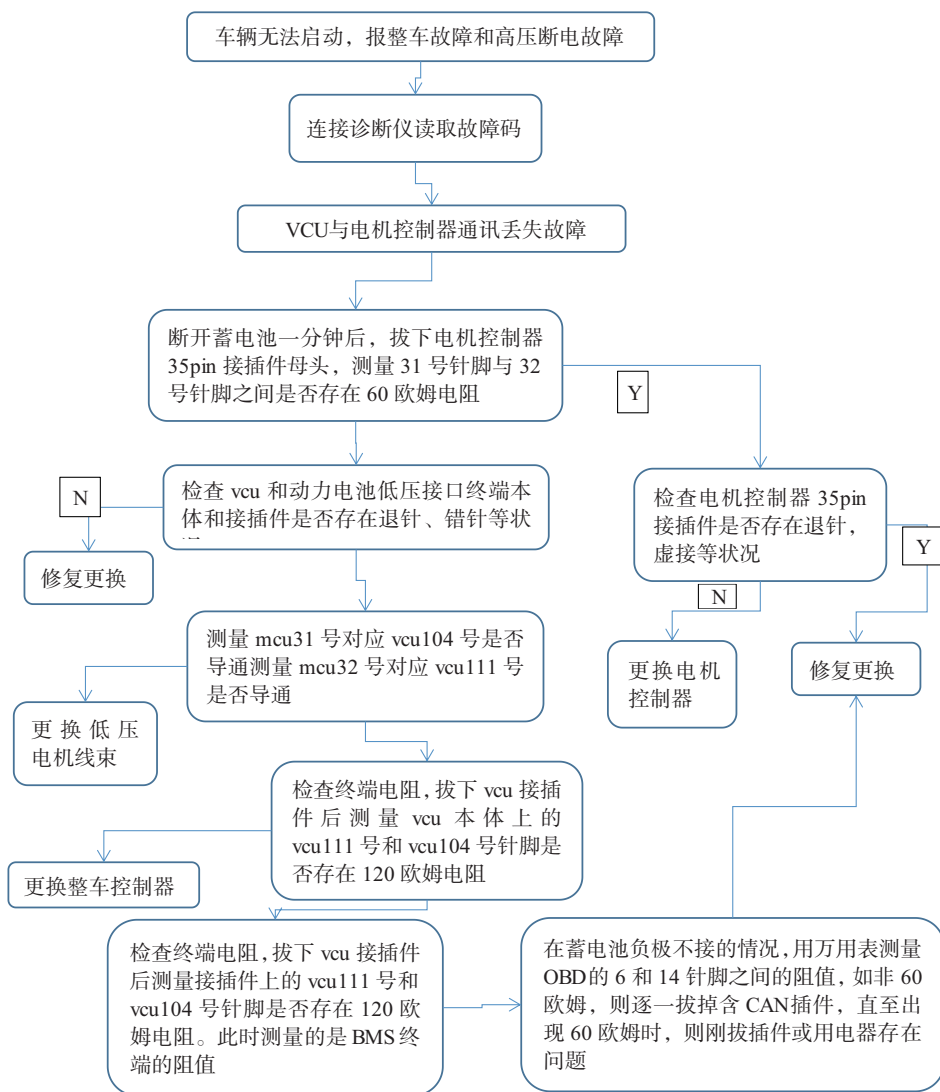


图 4-3-20



第四节 北汽电动汽车驱动系统

北汽驱动电机系统如图 4-4-1 所示，由驱动电动机（DM）、驱动电机控制器（MCU）构成，通过高低压线束、冷却管路，与整车其它系统作电气和散热连接。

技术指标	技术参数
类型	永磁同步
基速	2812rpm
转速范围	0 ~ 9000rpm
额定功率	30kW
峰值功率	53kW
额定扭矩	102Nm
峰值扭矩	180Nm
重量	45kg
防护等级	IP67
尺寸（定子直径×总长）	(Φ)245×(L)280

图 4-4-1 北汽驱动电机系统

整车控制器（VCU）根据驾驶员意图发出各种指令，电机控制器响应并反馈，实时调整驱动电机输出，以实现整车的怠速、前行、倒车、停车、能量回收以及驻坡等功能。电机控制器另一个重要功能是通信和保护，实时进行状态和故障检测，保护驱动电机系统和整车安全可靠运行。

一、减速器

减速器总成是一款前置前驱减速器如图 4-4-2 所示，采用两级传动结构设计，如图 4-4-3 所示。具有体积小，结构紧凑的特点。其采用前进档和倒档共用结构进行设计，整车倒档通过电机反转实现。

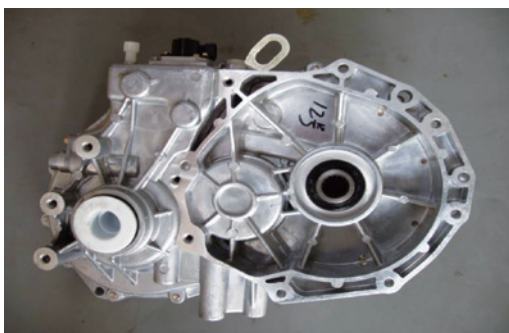


图 4-4-2 减速器

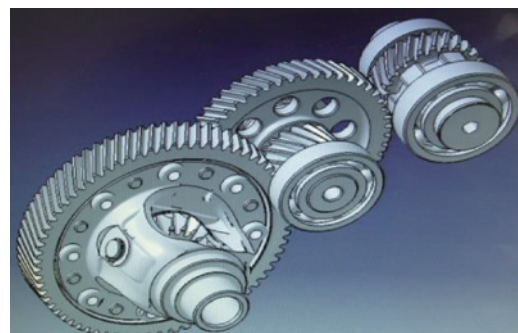


图 4-4-3 两级传动结构

二、驱动电机

北汽驱动电机为采用永磁同步电机，结构如图 4-4-4 所示。其内部置有旋变传感器（如图 4-4-5）和温度传感（如图 4-4-6）器。

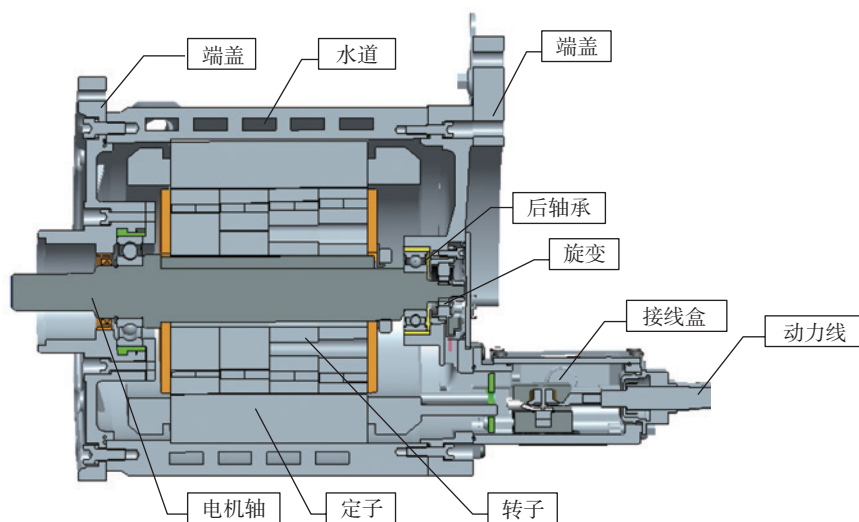


图 4-4-4 驱动电机结构

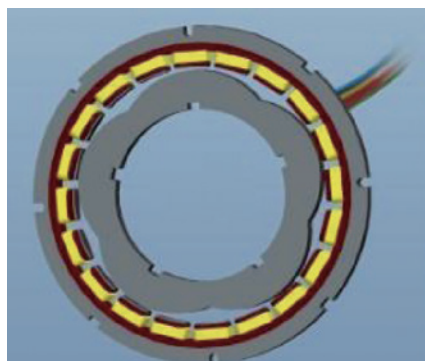


图 4-4-5 旋变传感器

技术指标	技术参数
直流输入电压	336V
工作电压范围	265~410V
控制电源	12V
控制电源电压范围	9~16V
标称容量	85kVA
重量	9kg
防护等级	IP67
尺寸(长×宽×高)	403×249×140

图 4-4-6 温度传感器

旋变传感器出现故障时（电机与控制器旋变线连接正确），一般分为 2 种情况：一种电机旋转变压器故障，另一种为控制器旋变解码电路故障。不管哪一种故障，都将会导致电机系统无法启动及转矩输出偏小等现象。若出现以上情况，请首先检查电机旋转变压器是否损坏，检测步骤如下：根据电气接口表定义，采用万用表欧姆档检查 S1\S3（ $60 \pm 10\% \Omega$ ）、S2\S4（ $60 \pm 10\% \Omega$ ）、R1\R2（ $33 \pm 10\% \Omega$ ）绕组阻值，若为无穷大，表示损坏，需更换旋转变压器。若显示正常值，则表示控制器内部旋变解码电路故障，需更换控制器主控板。

驱动电机端子如图 4-4-7 所示，端子描述如表 4-4-1 所示。

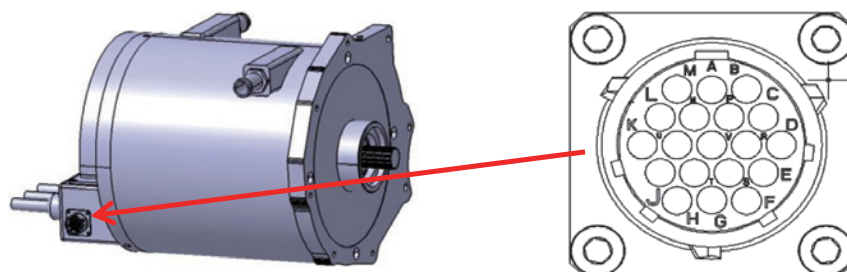


图 4-4-7 驱动电机端子

表 4-4-1 驱动电机端子描述

连接器型号	编号	信号名称	说明
Amphenol RTOW01419PN03	A	激励绕组 R1	电机旋转变压器接口
	B	激励绕组 R2	
	C	余弦绕组 S1	
	D	余弦绕组 S3	
	E	正弦绕组 S2	
	F	正弦绕组 S4	
	G	TH0	电机温度接口
	H	TL0	
	L	HVIL1(+L1)	高低压互锁接口
M	HVIL2(+L2)		

三、电机控制器

1. 结构

驱动电机控制器（如图 4-4-8 所示）采用三相两电平电压源型逆变器，其结构如图 4-4-9 所示，驱动电机系统的控制中心，又称智能功率模块，以 IGBT 模块（如图 4-4-10 所示）为核心，辅以驱动集成电路、主控集成电路。

驱动电机控制器对所有的输入信号进行处理，并将驱动电机控制系统运行状态的信息通过 CAN 网络发送给整车控制器。驱动电机控制器内含故障诊断电路。当诊断出异常时，它将会激活一个错误代码，发送给整车控制器，同时也会把存储该故障码和数据。



图 4-4-8 驱动电机控制器

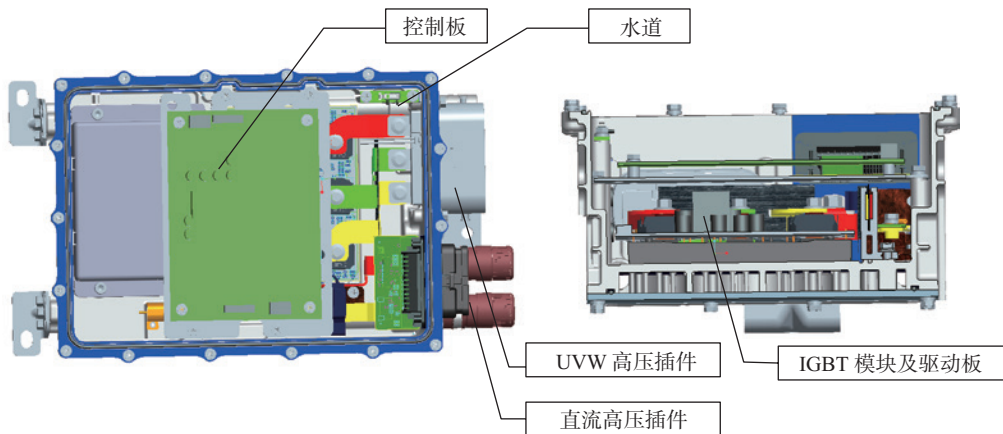


图 4-4-9 驱动电机控制器结构



图 4-4-10 IGBT 模块



图 4-4-11 电流传感器

驱动电机控制器使用以下传感器来提供驱动电机系统的工作信息，包括：

- 电流传感器（如图 4-4-11 所示）：用以检测电机工作的实际电流（包括母线电流、三相电流）
- 电压传感器：用以检测供给电机控制器工作的实际电压（包括动力电池电压、12V 蓄电池电压）
- 温度传感器：用以检测电机控制系统的工作温度（包括 IGBT 模块温度、电机控制器板载温度）

2. 控制模式

(1) 驱动电机系统驱动模式

整车控制器根据车辆运行的不同情况，包括车速、档位、电池 SOC 值来决定，电机输出扭矩 / 功率。当电机控制器从整车控制器处得到扭矩输出命令时，将动力电池提供的直流电，转化成三相交流电，驱动电机输出扭矩，通过机械传输来驱动车辆。

(2) 驱动电机系统发电模式

当车辆在滑行或刹车制动的时候，电机控制器从整车控制器得到发电命令后，电机控制器将电机处于发电状态。此时电机将车子动能转化成电能。然后，三相正弦交流电通过电机控制器转化为直流电，存储到电池中。

3. 电机控制器针脚定义

电机控制器针脚如图 4-4-12 所示，其针脚含义如表 4-4-2 所示。

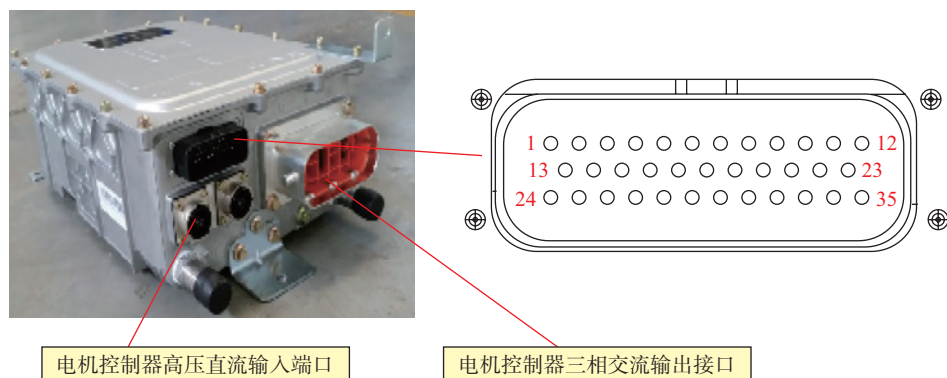


图 4-4-12 电机控制器针脚

表 4-4-2 电机控制器针脚定义

型号	编号	信号名称	说明
AMP 35pin C-776163-1	12	激励绕组 R1	电机旋转变压器接口
	11	激励绕组 R2	
	35	余弦绕组 S1	
	34	余弦绕组 S3	
	23	正弦绕组 S2	
	22	正弦绕组 S4	
	33	屏蔽层	
	24	12V_GND	控制电源接口
	1	12V+	控制电源接口
	32	CAN_H	
	31	CAN_L	
	30	CAN_PB	
	29	CAN_SHIELD	
	10	TH	电机温度传感器接口
	9	TL	
	28	屏蔽层	
	8	485+	RS485 总线接口
	7	485	
	15	HVIL1(+L1)	高低压互锁接口
26	HVIL2(+L2)		

四、温度保护

1. 电机温度保护

当控制器监测到驱动电机温度传感器显示： $120^{\circ}\text{C} \leq \text{温度} < 140^{\circ}\text{C}$ 时，降功率运行； $\text{温度} \geq 140^{\circ}\text{C}$ 时，降功率至0，即停机。

2. 控制器温度保护

当控制器监测到散热基板温度为： $\text{温度} \geq 85^{\circ}\text{C}$ 时，超温保护，即停机。当控制器监测到散热基板温度为： $85^{\circ}\text{C} \geq \text{温度} \geq 75^{\circ}\text{C}$ 时，降功运行。

五、冷却系统

1. 组成

北汽冷却系统包括电机控制器、驱动电机、电子水泵、散热器、膨胀水壶等组成。其结构如图4-4-13所示。

2. 控制

当控制器监测到驱动电机温度传感器显示： $45^{\circ}\text{C} \leq \text{温度} < 50^{\circ}\text{C}$ 时冷却风扇低速启动； $\text{温度} \geq 50^{\circ}\text{C}$ 时，冷却风扇高速启动；温度降至 40°C 时冷却风扇停止工作。

当控制器监测到散热基板温度为： $\text{温度} \geq 75^{\circ}\text{C}$ 时，冷却风扇低速启动。 $80^{\circ}\text{C} \geq \text{温度}$ 时，冷却风扇高速启动；温度降至 75°C 时冷却风扇停止工作。

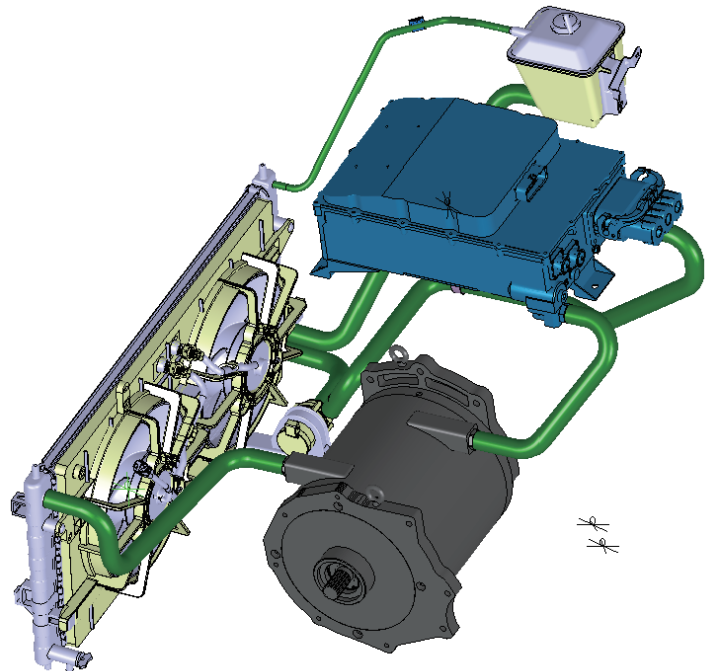


图4-4-13 冷却系统

六、驱动电机系统常见故障及维修

驱动电机系统常见故障及维修方法如表4-4-3所示。

表4-4-3 驱动电机系统常见故障及维修方法

序号	故障名称	故障代码	故障可能原因	解决方法
1	MCU 直流母线过压故障	P114017	1、电机系统突然大功率充电； 2、高压回路非正常断开	分析整车数据，如果总线电压报文与实际电压不相符，则需要检查高压供电回路，高压主继电器、高压插件有无异常
2	MCU 相电流过流故障	P113119 P113519 P113619 P113719	1、负载突然变化、旋变信号故障等导致电流畸变，比如电池或主继电器频繁通断	检查高压回路
			2、控制器损坏（硬件故障）	更换控制器
			3、控制器采集电压与实际电压不一致	标定电压，刷写控制器程序
3	电机超速故障	P0A4400	1、整车负载突然降低，电机扭矩控制失效	如重新上电不复现，不用处理
			2、电机低压信号线插头连接松动或者退针	检查信号线插头
			3、控制器损坏（硬件故障）	更换控制器

序号	故障名称	故障代码	故障可能原因	解决方法
4	电机过温故障	P0A2F98	1、电机低压信号线插头连接松动或者退针	检查信号线插头
			2、冷却系统工作异常	检查冷却液是否充足，水泵是否正常工作，冷却管路堵塞或堵气
			3、电机本体损坏（长时间过载运行）	更换电机
5	MCU IGBT 过温故障	P117F98 P117098 P117198 P117298	同电机过温	同电机过温
6	MCU 低压电源欠压故障	U300316	12V 蓄电池电压过低，或者由于 35pin 线束原因，控制器低压接口电压过低	检查蓄电池电压，给蓄电池充电； 检查控制器低压接口，测量 35pin 插件 24 脚和 1 脚电压是否低于 9V
7	与 VCU 通讯丢失故障	U010087	1、未收到整车控制器信号 2、网络干扰严重 3、线束问题	检查 35PIN 线束连接是否正常， 检查 CAN 网络是否 BUS OFF，或者更换控制器
8	电机系统高压暴露故障	P0A0A94	1、MCU 电源模块硬件损坏 2、软件与硬件不匹配 3、网络上有部件报出高低压互锁故障引起	刷程序或更换控制器
9	电机（噪声）异响		1、电磁噪声（高频较尖锐） 2、机械噪声，可能是来自减速器、悬置，电机本体（轴承）	1、电磁噪声属正常 2、排查确定电机本体损坏，更换电机

5

第五节 比亚迪秦电动汽车驱动系统

比亚迪秦为前轮驱动，器驱动系统由电机控制器、驱动电机、传感器、减速器、半轴、车轮等组成。其结构框架如图 4-5-1 所示。

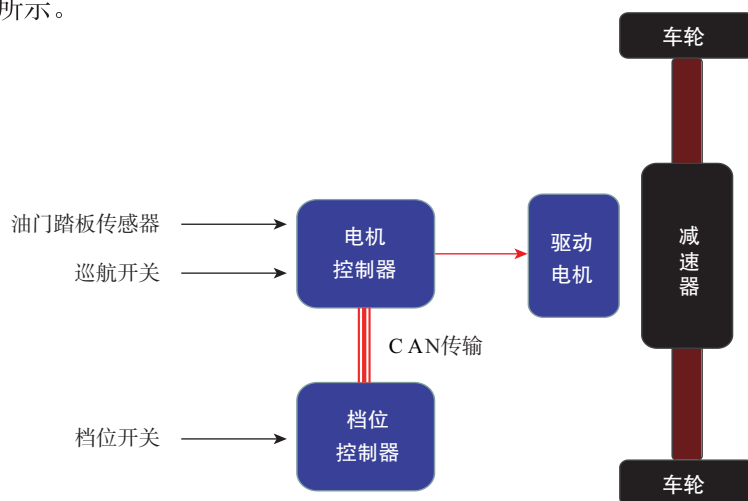


图 4-5-1 比亚迪秦驱动系统框架

一、减速器与传动轴

比亚迪秦减速器总成（如图 4-5-2 所示）与动力电机连接，通过悬置系统安装在车架及副车架上。减速器总成内包括减速器和差速器。



图 4-5-2 比亚迪秦减速器总成

减速器可以增大电机输出的扭矩，为车辆提供更好的动力。由主动齿轮、中间齿轮和差速器组成，如图 4-5-3 所示。



图 4-5-3 减速器结构

主动齿轮通过花键与动力电机连接，差速器通过花键与传动轴连接。动力由动力电机传递至主动齿轮，主动齿轮与中间齿轮组的大齿轮啮合带动中间齿轮组转动形成一级减速，中间齿轮组的小齿轮与差速器齿轮啮合带动差速器转动形成二级减速。

差速器由行星齿轮、行星轮架、半轴齿轮等零件组成，可以在车辆转弯时为车轮提供不同的转速，是车辆便于转弯。

传动轴（如图 4-5-4 所示）是汽车传动系中传递动力的重要部件，它的作用是将动力传递给车轮，使汽车产生驱动力。传动轴的两桶通过花键与车轮轮毂和差速器连接。传动轴拥有由等速万向节和轴组成，可以为车辆在不同的路况下顺畅的传递动力。

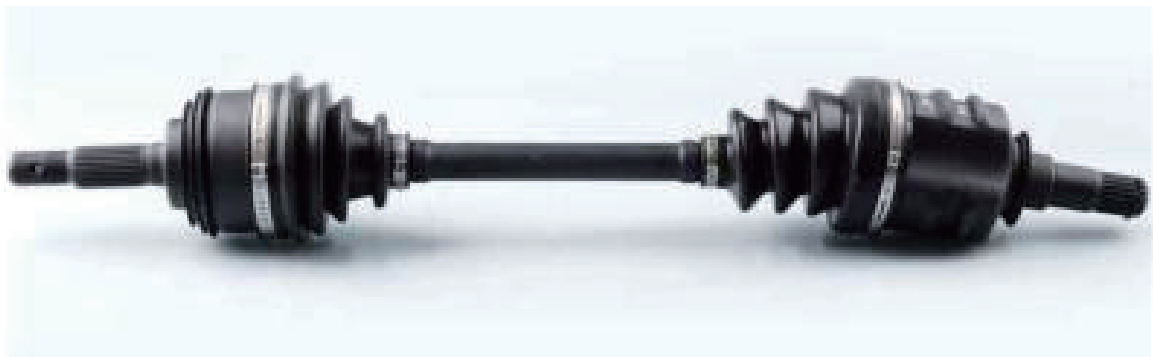


图 4-5-4 传动轴

二、驱动电机

比亚迪秦驱动电动机为永磁同步电机，最大输出扭矩为 310N.m，最大输出功率为 160kW，最大输出转速为 12000r/min，电机散热方式为水冷。

驱动电机内部装有定子温度传感器和旋变传感器。

驱动电机检查与常见故障处理如下：

1. 电机启动前的准备工作

(1) 做好励磁装置的调试工作。调试和整定好灭磁、脉冲、投励、移相等装置。调试好之后，要检查各装置环节工作是否正常。

(2) 检查电机定子回路控制开关、操纵装置是否可靠，各保护系统是否正常。

(3) 电机在起动机前，首先应采用风压为 0.196 ~ 0.294MPa 的干燥压缩气体对电动机进行吹风清扫工作，检查绕组绝缘表面等。

(4) 检查冷却系统, 检查铁心状况, 如通水管道是否打开, 水压是否正常, 冷却器和管道有无漏水现象。

(5) 检查轴承和润滑系统, 要求轴承内油质清洁。

(6) 清扫和检查起动设备、清查电机和附属设备有无他人正在工作。

(7) 测试电机和控制设备的绝缘电阻, 并与上次值相对照, 应不低于上次测量值的 50% ~ 80%。

2. 电机运行中的维护检查

维护人员必须按照有关专业规程和管理制度对电机进行正确的检查和操作, 使电机能安全可靠地运行。同时要按规定, 做好巡回检查, 如电机各部温度, 振动, 噪声和气味等检查工作。一般电机运行中的检查内容如下:

(1) 三相电压不平衡不应大于 5%。

(2) 轴承最高温度: 滚动轴承为 95℃, 滑动轴承为 75℃。

(3) 用温度计法测量, 绕组与铁心的最高温升不应超过 105K (H 级绝缘)。

(4) 环境温度: 最低为 5℃, 最高为 35℃。长期停用的电机要保存在温度在 5—15℃ 的环境中。

(5) 空气相对湿度应在 75% 以下。

3. 停机后的检查

电机停转后, 要进行吹风清扫工作, 详细检查绕组绝缘有无损伤, 引线绝缘是否完好。零部件是否有松动。转子支架和机械零部件是否有开焊和裂缝现象, 磁轭紧固磁极螺栓、穿芯螺栓是否松动, 最后检查轴承状态。

4. 电机运行常见故障及修理方法

(1) 电机起动困难或不起动

1) 原因: 电源电压过低 修理方法: 调整电压到所需值

2) 原因: 电机过载 修理方法: 减轻负载后再起动

3) 原因: 机械卡住 修理方法: 检查后先停车解除机械锁止然后再起动电机。

(2) 电机运行温升高

1) 原因: 负载过大 修理方法: 减轻负载

2) 原因: 电机扫膛 修理方法: 检查气隙及转轴、轴承是否正常

3) 原因: 电机绕组故障 修理方法: 检查绕组是否有接地, 短路, 断路等故障, 给与排除电源电压过高, 过低或三相不平衡 检查电源调整电压值, 使其符合要求

(3) 电机运行时振动过大

1) 定子三相电压不对称 检查电源供三相电平衡

2) 铁心转配不平衡 重新拧紧拉紧螺杆或在松动的铁心片中打入楔子固定

3) 定子绕组并联支路中某支路断裂 检查直流电阻, 查处后焊接

4) 定转子气隙不均 调整电动机气隙, 使其均匀

5) 电动机底座和基础板不坚固 坚固电动机地脚螺栓, 加强基础

6) 联轴器松动 拧紧连接螺栓, 必要时更换螺栓

7) 转轴弯曲 进行调直或更新

8) 转子磁极松动 检查固定键, 重新紧固

9) 负载不平衡 检查出机械负载故障并排除

10) 机组定中心不好 重新定中心

11) 基础自由振动频率与电机的振动频率接近 改变基础的自由振动频率, 使两者不产生共振

12) 转子不平衡 作平衡检查试验

三、档位传感器

1. 电路

档位传感器通过总线向电机控制器传递 D 档、N 档、R 档、P 档信息。其电路如图 4-5-5 所示, 端子如图 4-5-6 所示, 端子信息如表 4-5-1 所示, 相应故障码如表 4-5-2 所示。

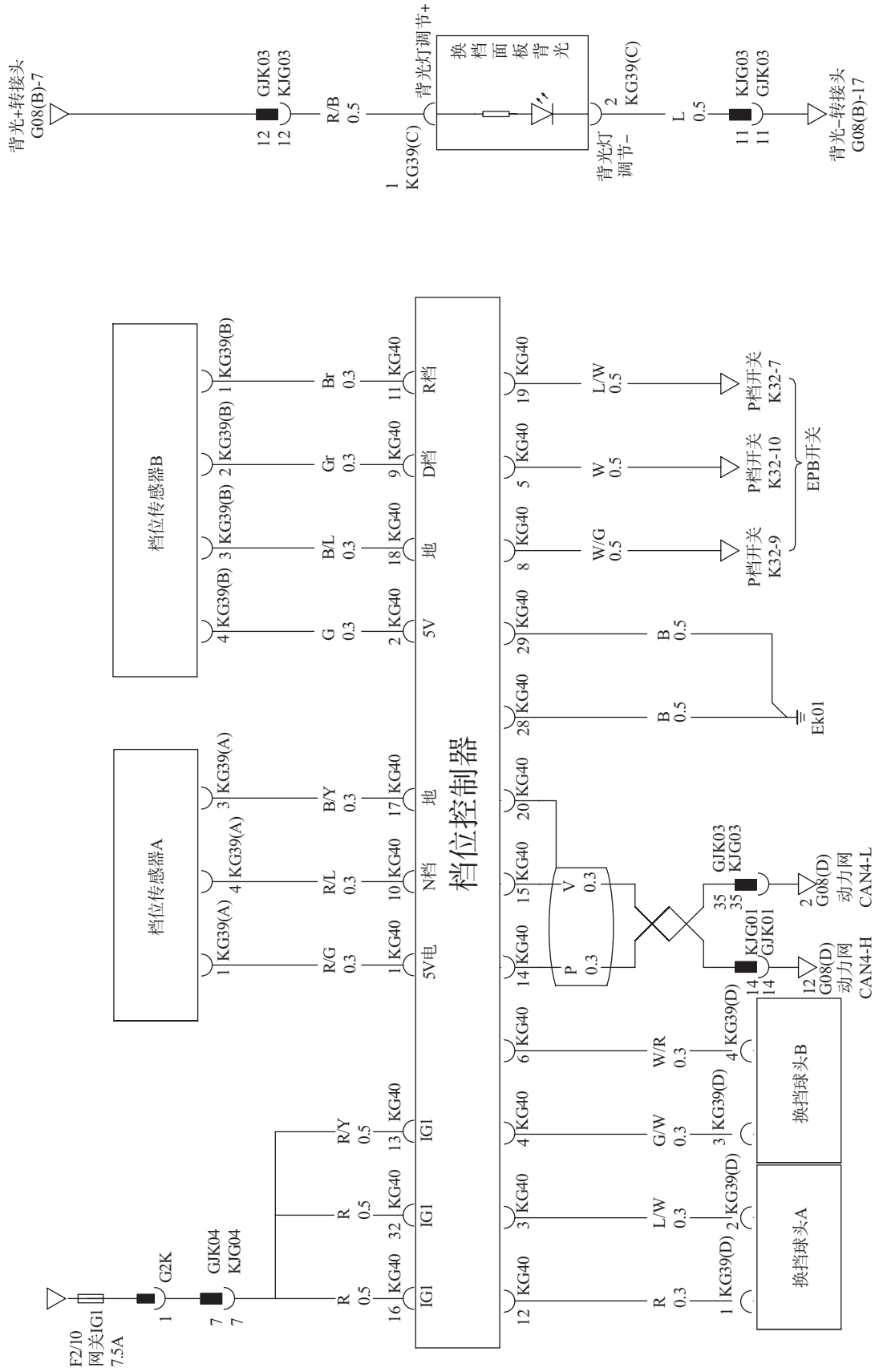


图 4-5-5 档位传感器电路图

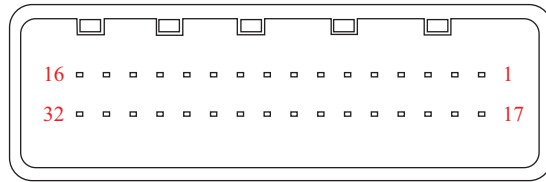


图 4-5-6 档位传感器端子

表 4-5-1 档位传感器端子信息

引脚号	引脚名称 / 功能	推荐线径 (mm ²)	备注
1	+5V	0.3	档位传感器 A 电源
2	+5V	0.3	档位传感器 B 电源
3	蓝色指示灯信号输出	0.3	
4	绿色指示灯信号输出	0.3	
5	P 档开关信号输入	0.3	预留
6	红色指示灯信号输出	0.3	
7	巡航信号 +	0.3	预留
8	P 档开关指示灯信号输出	0.3	预留
9	D 档信号输入	0.3	
引脚号	引脚名称 / 功能	推荐线径 (mm ²)	备注
10	N 档信号输入	0.3	
11	R 档信号输入	0.3	
12	换挡球头灯电源	0.5	
13	KEY 钥匙信号	0.3	开启电源芯片信号 (IG1)
14	CAN_H	0.3	
15	CAN_L	0.3	
16	+12V	0.5	IG1
17	+5V 地	0.3	档位传感器 A 地
18	+5V 地	0.3	档位传感器 B 地
19	GND	0.3	预留
20	GND	0.3	CAN 通讯屏蔽地
21	巡航信号地	0.3	预留
22			
23			
24			
25			
26			
27			
28	GND	0.5	+12V 电源地
29	GND	0.5	+12V 电源地
30			
31			
32	+12V	0.5	IG1

表 4-5-2 档位传感器相应故障码

序号	故障码 (ISO 15031-6)	故障定义
1	P1D0100	挡位同时为低故障
2	P1D0200	挡位持续拉低故障
3	U011000	与电机控制器通讯故
4	U029D00	与 ESP 通讯故
5	U014000	与 BCM 通讯故障

2. 检查

(1) 检查线束

拨下档位控制器连接器，测量线束端连接器各端子间电压或电阻应如表 4-5-3 所示。

表 4-5-3 档位控制器连接测量值

端子	线色	条件	正常值
KG40-16 → 车身地	R/G	电源打到 ON 档	11~14V
KG40-32 → 车身地	R/G	电源打到 ON 档	11~14V
KG40-28 → 车身地	B	始终	小于 1Ω
KG40-29 → 车身地	B	始终	小于 1Ω

(2) 检查档位传感器 A

电源档位打到 ON 档，从档位传感器 A KG39 (A) 连接器后端引线，测量线束端连接器各端子间电压或电阻应如表 4-5-4 所示。

表 4-5-4 档位传感器 A 连接器各端子测量

端子	线色	条件	正值常
KG39(A)-1 → 车身地	R/G	电源打到 ON 档	约 5V
KG39(A)-4 → 车身地	R/L	换挡手柄打到 N 档	约 5V
KG39(A)-3 → 车身地	B/L	始终	小于 1Ω

(3) 检查档位传感器 B

电源档位打到 ON 档，从档位传感器 B KG39 (B) 连接器后端引线，测量线束端连接器各端子间电压或电阻如表 4-5-5 所示。

表 4-5-5 档位传感器 B 连接器各端子测量

端子	线色	条件	正值常
KG39(B)-1 → 车身地	Br	换挡手柄打到 R 档	约 5V
KG39(B)-2 → 车身地	Gr	换挡手柄打到 N 档	约 5V
KG39(B)-3 → 车身地	B/L	始终	小于 1Ω
KG39(B)-4 → 车身地	G	电源打到 ON 档	约 5V

四、电机控制器

比亚迪秦双向交流逆变式电机控制器 (VTO-G) 同高压配电和漏电传感器、高压配电和漏电传感器、双向车载充电器、DC-DC 变换器集成为一体，称为高压电控总成，如图 4-5-7 所示。

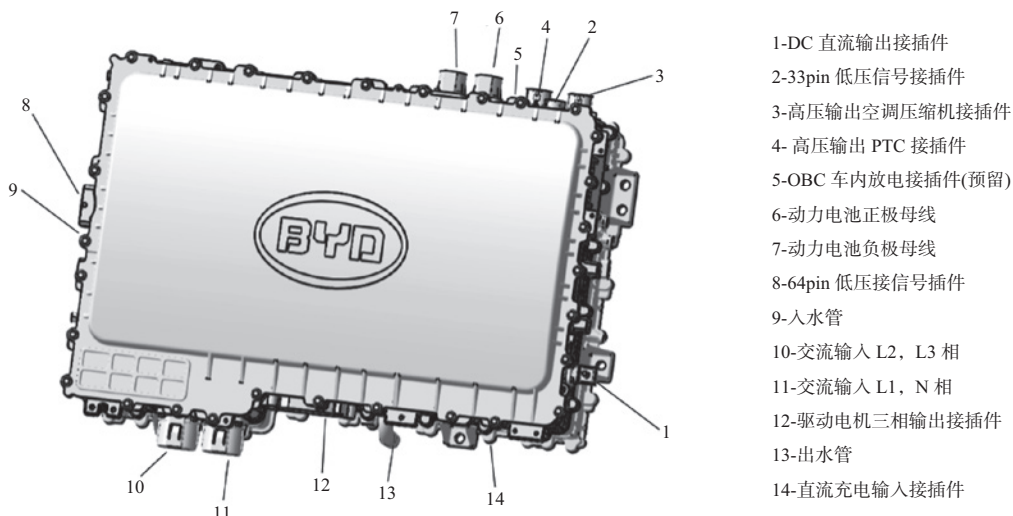


图 4-5-7 比亚迪秦高压电控总成

比亚迪秦双向交流逆变式电机控制器（VTO-G）电路如图 4-5-8 所示，高压电控总成低压端子插件如图 4-5-9 所示，端子含义表 4-5-6 和表 4-5-7 所示，故障码如表 4-5-8 所示。

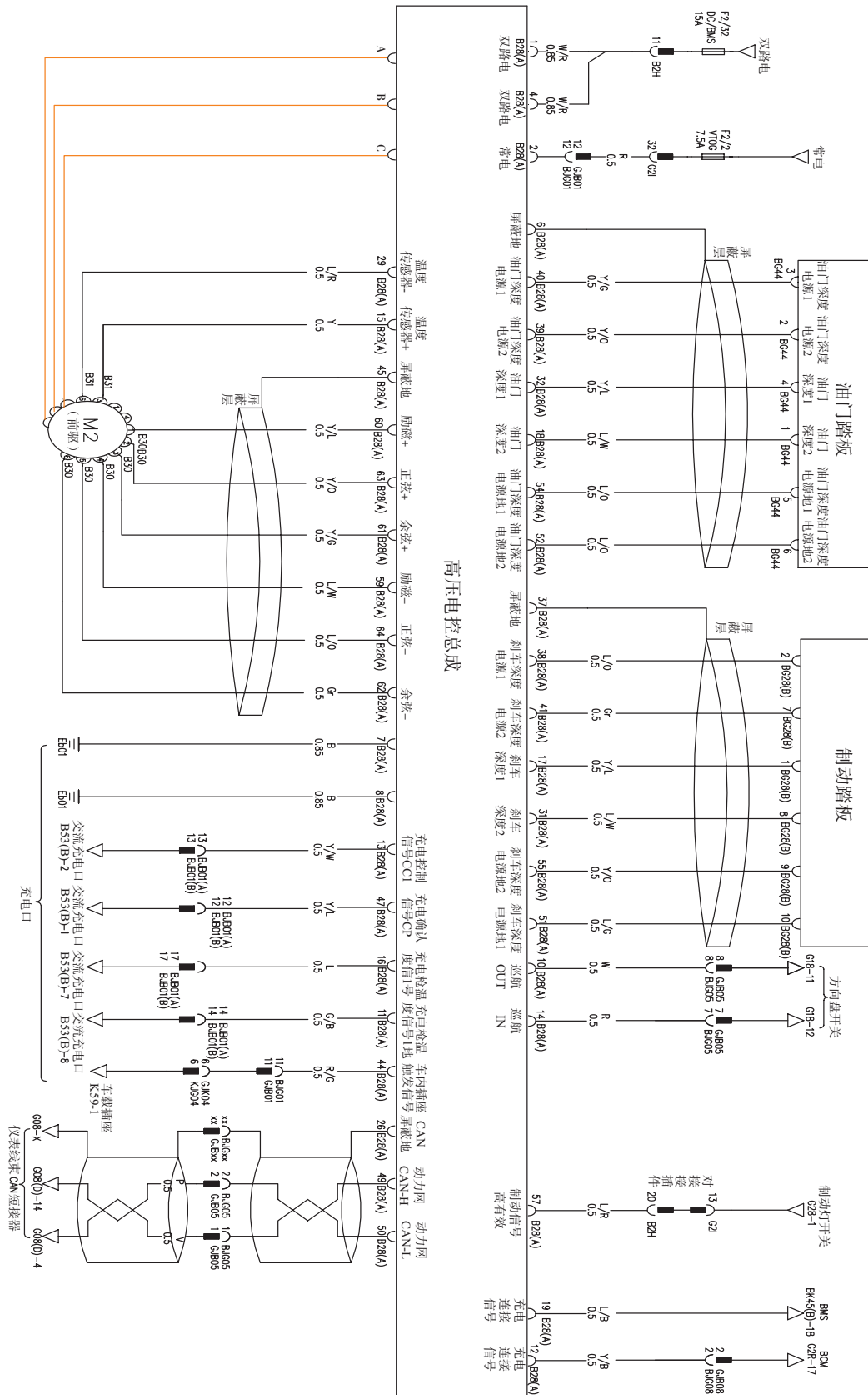
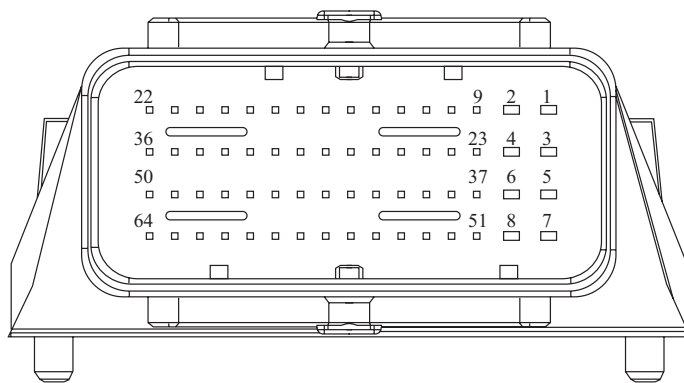
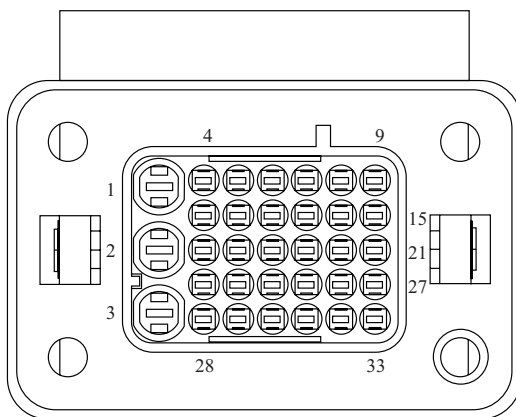


图 4-5-8 双向交流逆变式电机控制器（VTO-G）电路图



低压插件 1



低压插件 2

图 4-5-9 高压电控总成低压端子插件

表 4-5-6 高压电控总成低压端子插件端子 1 含义

引脚号	端口名称	线色	端口定义	线束接法	电源性质及电压标准值	备注
1	+12V	R/B	外部提供 ON 档电源	双路电	双路电	
2	+12V	R	外部提供常火电	常电	常电	
3						
4	+12V	R/B	外部提供 ON 档电源	双路电	双路电	
5						
6	GND	B	油门深度屏蔽地	车身地		
7	GND	B	外部电源地	车身地		
8	GND	B	外部电源地	车身地		
9						
10	GND	W	巡航地			
11	GND	G/B	充电枪温度 1 地 (标准)	充电口		
12	MES-BCM	Y/B	BCM 充电连接信号	BCM		
13	NET-CC1	G/W	充电控制信号 1 (标准)	充电口		
14	CRUISE-IN	R	巡航信号	方向盘		
15	STATOR-T-IN	Y	电机绕组温度	电机		
16	CHAR-TEMP1	L	充电枪座温度信号 1 (标准)	充电口		
17	DC-BRAKE1	Y/L	刹车深度 1	制动踏板		
18	DC-GAIN2	L/W	油门深度 2	油门踏板		

第 4 章 电动汽车驱动系统

引脚号	端口名称	线色	端口定义	线束接法	电源性质及电压标准值	备注
19	MES-BMS-OUT	L/B	BMS 信号	BMS		
20						
21						
22						
23						
24						
25						
26						
27						
28						
29	GND	L/R	电机模拟温度地	电机		
30						
31	DC-BRAKE2	L/W	刹车深度 2	制动踏板		
32	DC-GAIN1	Y/L	油门深度 1	油门踏板		
33	DIG-YL1-OUT		预留开关量输出 1	空		
34	DIG-YL2-OUT		预留开关量输出 2	空		
35	/IN-HAND-BRAKE		手刹信号	预留		
36						
37	GND	B	刹车深度屏蔽地			
38	+5V	L/O	刹车深度电源 1	制动踏板		
39	+5V	Y/O	油门深度电源 2	油门踏板		
40	+5V	Y/G	油门深度电源 1	油门踏板		
41	+5V	Gr	刹车深度电源 2	制动踏板		
42						
43	SWITCH-YL1		预留开关量输入 1	空		
44			车内插座触发信号	车内插座		预留
45	GND	B	旋变屏蔽地	电机		
46	EXT-ECO/SPO		经济 / 运动模式输入	开关组		预留
47	NET-CP	W/R	充电电流确认信号 (国标 CP)	充电口		
48						
49	CANH	P	动力网 CANH	动力网 CANH		
50	CANL	V	动力网 CANL	动力网 CANL		
51	GND	Y/O	刹车深度电源地 1	制动踏板		
52	GND	Gr	油门深度电源地 2	油门踏板		
53						
54	GND	L/O	油门深度电源地 1	油门踏板		
55	GND	Y/G	刹车深度电源地 2	制动踏板		
56	SWITCH-YL2		预留开关量输入 2	空		
57	IN-FEET-BRAKE	W/B	制动信号	制动开关		
58	DSP-ECO/SPOOUT		经济 / 运动模式输出	开关组		预留
59	/EXCOUT	L/W	励磁 -	电机		
60	EXCOUT	Y/L	励磁 +	电机		
61	COS+	Y/G	余弦 +	电机		
62	COS-	Gr	余弦 -	电机		
63	SIN+	Y/O	正弦 +	电机		
64	SIN-	L/O	正弦 -	电机		

表 4-5-7 高压电控总成低压端子插件端子 2 含义

34 引脚号	端口名称	线色	端口定义	线束接法	电源性质及电 压标准值	备注
1						
2						
3						
4		R/B	VCC 双路电电源		双路电(+12V)	
5		R/B	VCC 双路电电源			
6						
7						
8		B/Y	GND 双路电电源地		双路电	
9		B/Y	GND 双路电电源地			
10		B	GND	直流霍尔 屏蔽地		
11						
12						
13						
14		P	CAN_H	动力网		
15		V	CAN_L	动力网		
16		Y/B	直流霍尔电源 +	BMS		
17		Y/G	直流霍尔电源 -	BMS		
18		W/B	直流霍尔信号	BMS		
19						
20		L/W	一般漏电信号	BMS		
21		Y/G	严重漏电信号	BMS		
22	驱动 / 充电	G	高压互锁 +	BMS		
23		Y	高压互锁 -			
24		R	主接触器 / 预充接触器电源		双路电	
25		R	交直流充电正负极接触器电源		双路电	
26						
27						
28						
29		W/L	主预充接触器控制信号	BMS		
30		Gr	直流充电正极接触器控制信号	BMS		
31		Gr	直流充电负极接触器控制信号	BMS		
32		Br	主接触器控制信号	BMS		
33		G/W	交流充电接触器控制信号	BMS		

表 4-5-8 高压电控总成故障码

序号	故障码 (ISO15031-6)	故障定义	DTC 值 (Hex)
1	P1B0000	驱动 IPM 故障	1B0000
2	P1B0100	旋变故障	1B0100
3	P1B0200	驱动欠压保护故障	1B0200
4	P1B0300	主接触器异常故障	1B0300
5	P1B0400	驱动过压保护故障	1B0400
6	P1B0600	挡位故障	1B0600
7	P1B0700	油门异常故障	1B0700
8	P1B0800	电机过温故障	1B0800
9	P1B0900	电机过流故障	1B0900
10	P1B0A00	电机缺相故障	1B0A00
11	P1B0B00	EEPROM 失效故障	1B0B00
12	P1B3100	IGBT 过热	1B3100
13	P1B3200	GTOV 电感温度过高	1B3200

序号	故障码 (ISO15031-6)	故障定义	DTC 值 (Hex)
14	P1B3400	电网电压过高	1B3400
15	P1B3500	电网电压过低	1B3500
16	P1B3800	可自适应相序保护错误	1B3800
17	P1B3900	交流电压霍尔异常	1B3900
18	P1B3A00	交流电流霍尔失效	1B3A00
19	P1B3B00	三相交流过流	1B3B00
20	P1B4000	GTOV 母线电压过高	1B4000
21	P1B4100	GTOV 母线电压过低	1B4100
22	P1B4300	GTOV 母线电压霍尔异常	1B4300
23	P1B4700	GTOV 直流电流过流保护	1B4700
24	P1B4900	GTOV 直流电流霍尔异常	1B4900
25	P1B4A00	GTOV 直流电流瞬时过高	1B4A00
26	P1B4B00	GTOV-IPM 保护	1B4B00
27	P1B4C00	GTOV 可恢复故障连续触发	1B4C00
28	P1B4D00	GTOV 可恢复故障恢复超时	1B4D00
29	U029E00	与主控通讯故障	C29E00
30	U011100	与电池管理器通讯故障	C11100
31	U029D00	与 ESP 通讯故障	C29D00
32	U012100	与 ABS 通讯故障	C12100
33	P1B6800	充电枪过温	1B6800
34	P1B6900	启动前交流过流	1B6900
35	P1B6A00	启动前直流过流	1B6A00
36	P1B6B00	频率过高	1B6B00
37	P1B6C00	频率过低	1B6C00
38	P1B6D00	不可自适应相序错误保护	1B6D00
39	P1B6E00	直流预充满	1B6E00
40	P1B6F00	直流短路	1B6F00
41	P1B7000	直流断路	1B7000
42	P1B7100	电机接触器烧结	1B7100
43	P1B7200	CC 信号异常	1B7200
44	P1B7300	CP 信号异常	1B7300
45	P1B7400	IGBT 检测故障	1B7400
46	P1B7500	交流三相电压不平衡	1B7500
47	P1B7600	交流三相电流不平衡	1B7600
48	P1B7700	电网电压零漂不过	1B7700
49	P1B7800	逆变电压零漂不过	1B7800
50	P1B7900	交流电流零漂不过	1B7900
51	P1B7A00	直流电流零漂不过	1B7A00
52	P1B7B00	SCI 通讯异常	1B7B00
53	U029F	与 OBC 通讯故障	C29F
54	U0155	与仪表 CAN 通讯失效	C155
55	P1B4F1D	电机电流零漂故障	1B4F1D
56	P1B7C00	直流充电输入过压	1B7C00
57	P1B7D00	直流充电输入过流	1B7D00
58	P1B7E00	直流充电输入侧瞬时电压高	1B7E00
59	P1B7F00	直流充电输入侧瞬时电流高	1B7F00
60	P1B8000	直流充电输入欠压	1B8000
61	P1B8100	直流充电降压失败	1B8100
62	P1B8200	直流充电电池侧过压	1B8200
63	P1B8300	直流充电电池侧过流	1B8300
64	P1B8400	直流充电电池侧瞬时电压高	1B8400
65	P1B8500	直流充电电池侧瞬时电流高	1B8500
66	P1B8600	直流充电电池侧欠压	1B8600

序号	故障码 (ISO15031-6)	故障定义	DTC 值 (Hex)
67	P1B8700	直流充电 VTOG 电流零漂不通过	1B8700
68	U011187	直流充电与 BMS 通讯失效	C11187
69	P1B8800	直流充电 IPM 保护	1B8800
70	P157016	车载充电器交流侧电压低	157016
71	P157017	车载充电器交流侧电压高	157017
72	P157100	车载充电器高压输出断线故障	157100
73	P157219	车载充电器直流侧电流高	157219
74	P157218	车载充电器直流侧电流低	157218
75	P157216	车载充电器直流侧电压低	157216
76	P157217	车载充电器直流侧电压高	157217
77	P157300	车载充电器风扇状态故障	157300
78	P157400	供电设备故障	157400
79	P157513	低压输出断线	157513
80	P157616	低压蓄电池电压过低	157616
81	P157617	低压蓄电池电压过高	157617
82	P157713	交流充电感应信号断线故障	157713
83	P157897	充放电枪连接故障	157897
84	P15794B	电感温度高	15794B
85	P157A37	充电电网频率高	157A37
86	P157A36	充电电网频率低	157A36
87	P157B00	交流侧电流高	157B00
88	P157C00	硬件保护	157C00
89	P157D11	充电感应信号外部对地短路	157D11
90	P157D12	充电感应信号外部对电源短路	157D12
91	P157E11	充电连接信号外部对地短路	1.57E+13
92	P157E12	充电连接信号外部对电源短路	1.57E+14
93	P157F11	交流输出端短路	157F11
94	P158011	直流输出端短路	158011
95	P158119	放电输出过流	158119
96	P158200	H 桥故障	158200
97	P15834B	MOS 管温度高	15834B
98	U011100	与动力电池管理器通讯故障	C11100
99	U015500	与组合仪表通讯故障	C15500
100	P1EC000	降压时高压侧电压过高	1EC000
101	P1EC100	降压时高压侧电压过低	1EC100
102	P1EC200	降压时低压侧电压过高	1EC200
103	P1EC300	降压时低压侧电压过低	1EC300
104	P1EC400	降压时低压侧电流过高	1EC400
105	P1EC700	降压时硬件故障	1EC700
106	P1EC800	降压时低压侧短路	1EC800
107	P1EC900	降压时低压侧断路	1EC900
108	P1EE000	散热器过温	1EE000
109	U012200	与低压 BMS 通讯故障	C12200
110	U011100	与动力电池管理器通讯故障	C11100
111	U014000	与 BCM 通讯故障	C14000
112	P1CA100	严重漏电故障	P1CA100
113	P1CA200	一般漏电故障	P1CA200
114	P1CA000	漏电传感器自身故障	P1CA000

五、冷却系统

比亚迪秦采用串联式电子水泵冷却循环、双散热风扇冷却系统，系统框架如图 4-5-10 所示，冷却电子水泵安装在电机前部底端如图 4-5-11 所示。

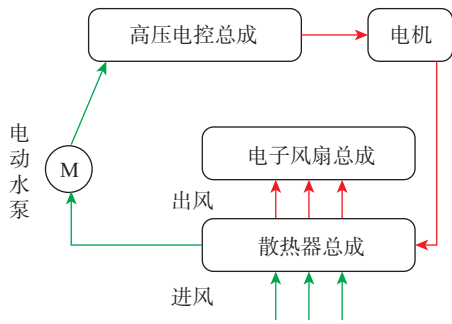


图 4-5-10 比亚迪秦冷却系统框架

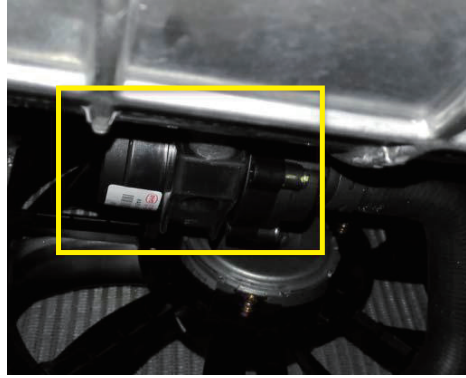


图 4-5-11 冷却电子水泵

冷却系统由主控制器进行控制，通过对水温传感器的检测，并且参考空调请求状态共同决定对冷却风扇和冷凝风扇的控制，确保各系统在正常温度下工作。主控制器冷却电路如图 4-5-12 所示。主控制器低压端子插件如图 4-5-13 所示。主控制器冷却系统端子含义如表 4-5-9、4-5-10 所示，故障码如表 4-5-11 所示。

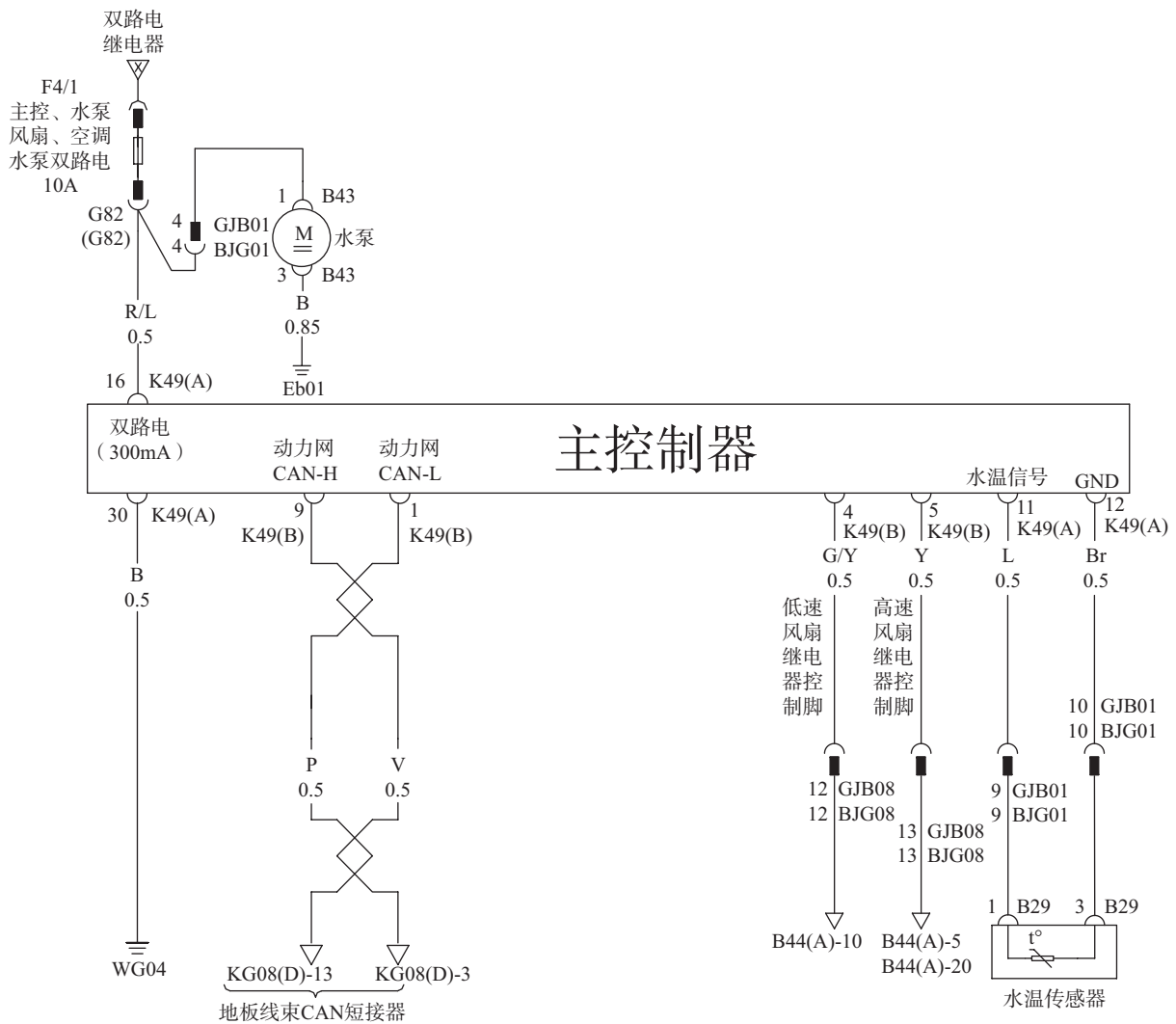


图 4-5-12 主控制器冷却电路图

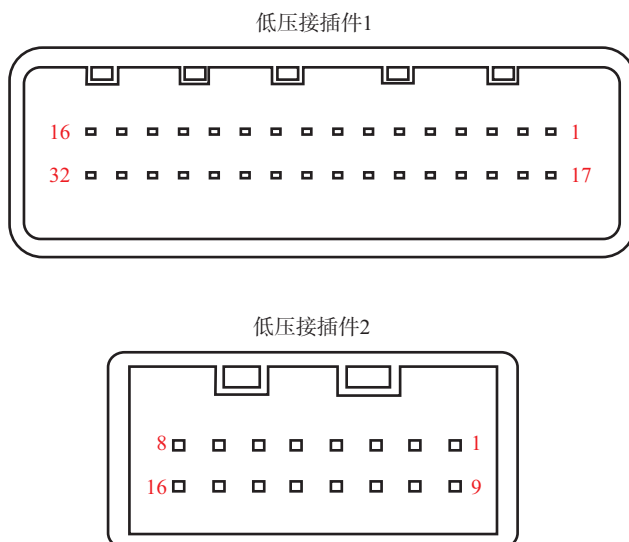


图 4-5-13 主控制器低压端子插件

表 4-5-9 主控制器冷却系统低压插件 1 端子含义

引脚号	端口名称	端口定义	线束接法	信号类型	稳态工作电流	电源性质（比如：常电）
11		水温传感器信号输入	水温传感器 C 脚	模拟量		
12		水温传感器信号地	水温传感器 A 脚	地		
16	DC+12V	12V 电源	双路电源	电源	300mA	双路电

表 4-5-10 主控制器冷却系统低压插件 2 端子含义

引脚号	端口定义	线束接法	信号类型
1	CAN_L	动力网	差分
4	冷却风机低速继电器控制输出	低速继电器控制脚	低电平有效
5	冷却风机高速继电器控制输出	高速继电器控制脚	低电平有效
9	CAN_H	动力网	差分

表 4-5-11 故障码

故障码（ISO 15031-6）	故障定义
B114900	水温故障
U011000	与电机控制器通讯故障
U016400	与空调通讯故障

冷却风扇电路如图 4-5-14 所示。风扇工作条件如下：

1. 冷却液水温：40° ~ 50° 低速请求； >55° 高速请求。
2. IPM：53° ~ 64° 低速请求； >64° 高速请求； >85° 报警。
3. IGBT：55° ~ 75° 低速请求； >75° 高速请求； >90° 限制功率输出； >100° 报警。
4. 电机温度：90° ~ 110° 低速请求； >110° 高速请求。

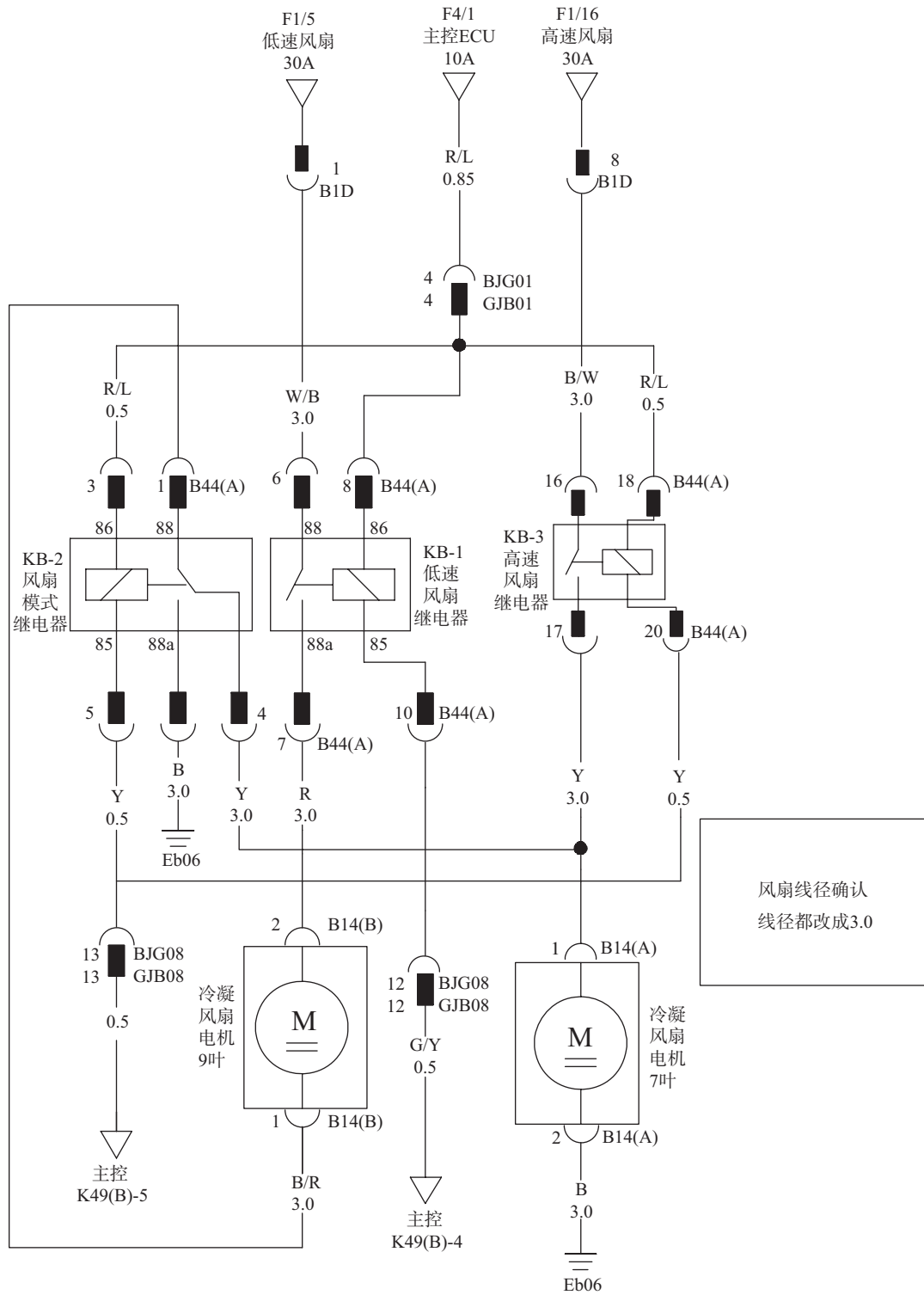


图 4-5-14 冷却风扇电路图

第六节 帝豪 EV450 电动汽车驱动系统

帝豪 EV450 电动汽车为前轮驱动，器驱动系统由电机控制器、驱动电机、传感器、减速器、半轴、车轮等组成。其结构框架如图 4-6-1 所示。

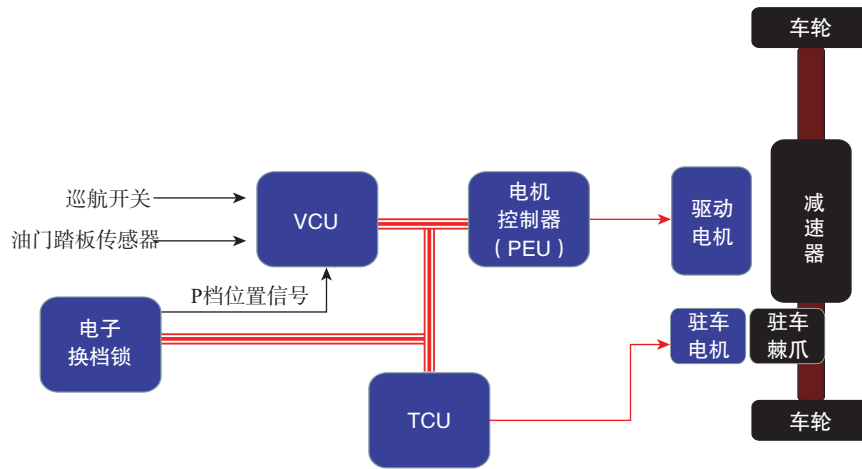


图 4-6-1 帝豪 EV450 电动汽车驱动系统框架

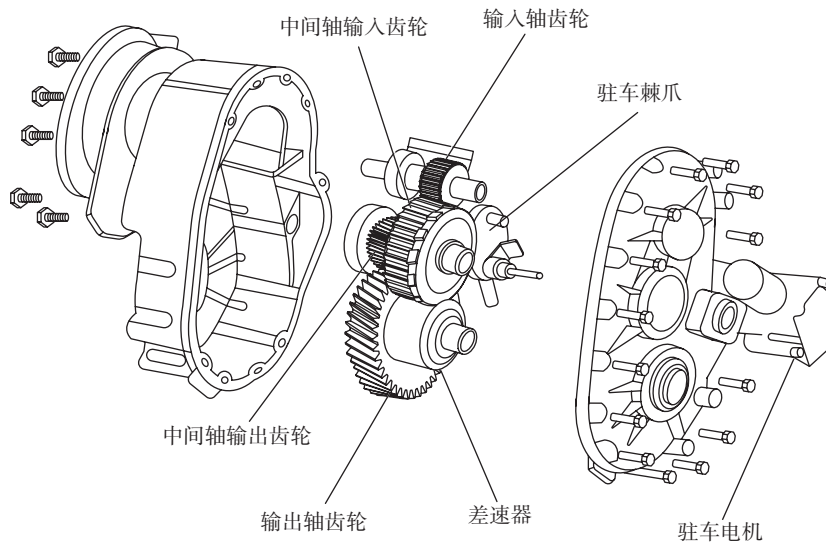


图 4-6-2 减速器结构

一、减速器与P档电子驻车

本车采用单速比减速器，只有一个前进档、一个空档，和一个驻车档。当车辆处在驻车档时减速器会通过一套锁止装置，锁止减速器。

1. 减速器

减速器介于驱动电机和驱动半轴之间，驱动电机的动力输出轴通过花键直接与减速器输入轴齿轮连接。一方面减速器将驱动电机的动力传给驱动半轴，起到降低转速增大扭矩作用，另一方面满足汽车转弯及在不平路面上行驶时，左右驱动轮以不同的转速旋转，保证车辆的平稳运行。减速器结构如图4-6-2所示。

2.P档电子驻车

P档电子驻车系统由电子换档器、整车控制器（VCU）、减速器控制器（TCU）、驻车电机、棘爪、棘轮等组成，在车上位置如图4-6-3所示。

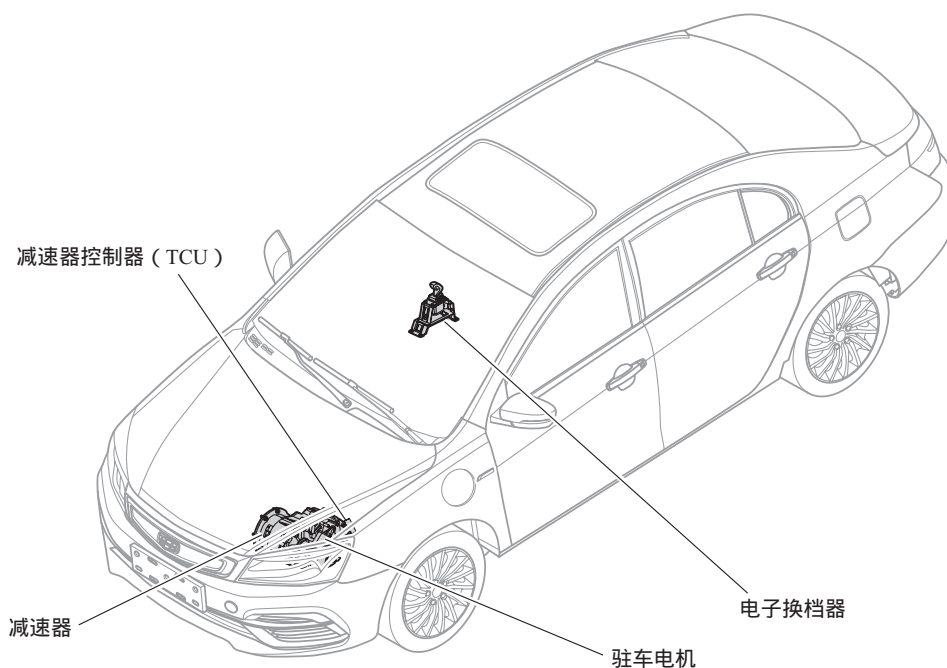


图 4-6-3 P档电子驻车部件位置图

(1) P档电子驻车控制

驾驶员操作电子换档器进入P档，电子换档器将驻车请求信号发送到整车控制器（VCU），VCU结合当前驱动电机转速及轮速情况判断是否符合驻车条件。当符合条件时，VCU发送驻车指令到TCU，TCU控制驻车电机进入P档，锁止减速器。驻车完成后TCU将收到减速器发出的P档位置信号，并将此信号反馈给VCU，完成换档过程。驻车控制流程如图4-6-4所示。

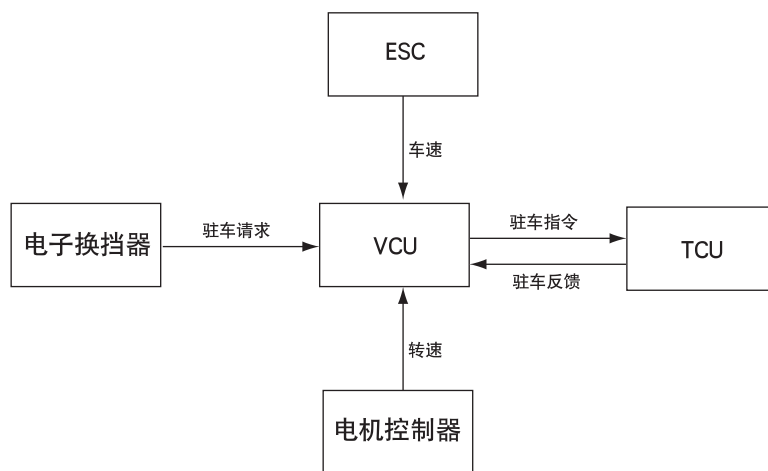


图 4-6-4 驻车控制流程图

TCU 控制减速器上的换挡电动机。驻车电机有一个编码器，输出 4-bit 代码用来确定驻车电机位置。TCU 接口通过汽车 CAN 总线接收来自其他车辆系统的信息（驱动电机转速、车速、停车请求等）。TCU 接收相关的换挡条件和换挡请求，直接控制驻车电机驱动棘爪扣入或松开棘轮，达到驻车或解除驻车功能。减速器控制器（TCU）内部结构如图 4-6-5 所示。

(2) 换挡条件

驻车需要同时满足以下条件：

- 接收到驻车请求。
- 上一次的换挡操作已完成。
- 供电电压处于 9-16V。
- 驻车电机和编码器无故障。
- 电机转速 <344RPM。
- ESC 车速 <5KPH。

驻车换挡解除驻车条件：

- 接收到解锁请求。
- 上一次换挡操作已完成。
- 供电电压在 9V-16V 之间。
- 驻车电机和编码器无故障。
- 电机转速 <7RPM。
- ESC 车速 <0.1KPH。

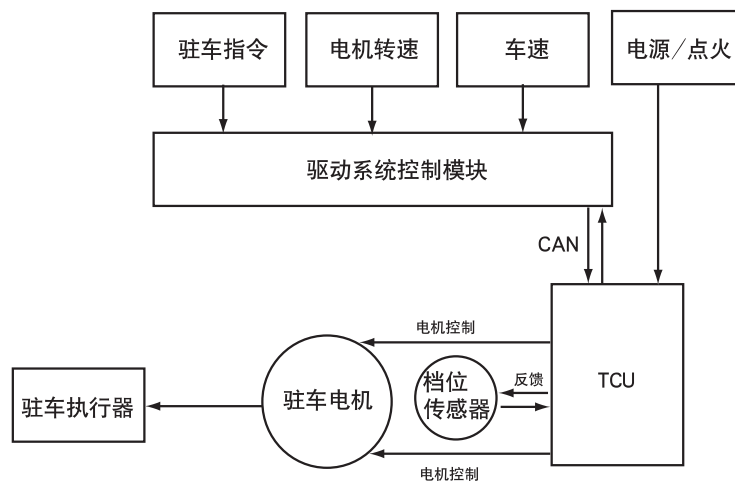


图 4-6-5 减速器控制器（TCU）内部结构

(3) 电路原理

减速器控制器电路如图 4-6-6 所示，减速器控制器（TCU）端子如图 4-6-7 所示，端子含义如表 4-6-1 所示，减速器端子如图 4-6-8 所示。电子换挡锁电气原理框架如图 4-6-9 所示，电路如图 4-6-10 所示，电子换挡锁端子如图 4-6-11 所示，端子含义如表 4-6-2 所示。

表 4-6-1 减速器控制器（TCU）端子含义

端子号	端子定义	线径 (mm ²) 颜色	端子状态	状态
1	MOTOR CNTRL PARK-UNPARK	O	机控制驻车换到解除 驻车	-
2	MOTOR CNTRL PARK-UNPARK	O	电机控制驻车换到解 除驻车	-
3	-	-	-	-
4	-	-	-	-
5	-	-	-	-
6	-	-	-	-
7	GND	B	接地	负极
8	GND	B	接地	负极
9	-	-	-	-
10	-	-	-	-
11	MOTOR POSITION COMMON	Y/W	驻车电机公共端	-
12	MOTOR POSITION 1 O/	W	电机位置 1	-
13	MOTOR POSITION 3	W	电机位置 3	-
14	P CAN-H	Gr/O	总线高	-
15	P CAN-L	Y	总线低	-
16	-	Y	-	-
17	MOTOR CNTRL UNPARK-PARK	W	电机控制解除驻车换到 驻车	-
18	MOTOR CNTRL UNPARK-PARK	-	电机控制解除驻车换到 驻车	-

端子号	端子定义	线径 (mm ²) 颜色	端子状态	状态
19	MOTOR POSITION 3	Br	电机位置 3	-
20	-	V	-	-
21	MOTOR POSITION 2		电机位置 2	-
22	MOTOR POSITION 4		电机位置 4	-
23	B+	R	电源	12V
24	B+	R	电源	12V

前机舱保险丝继电器盒

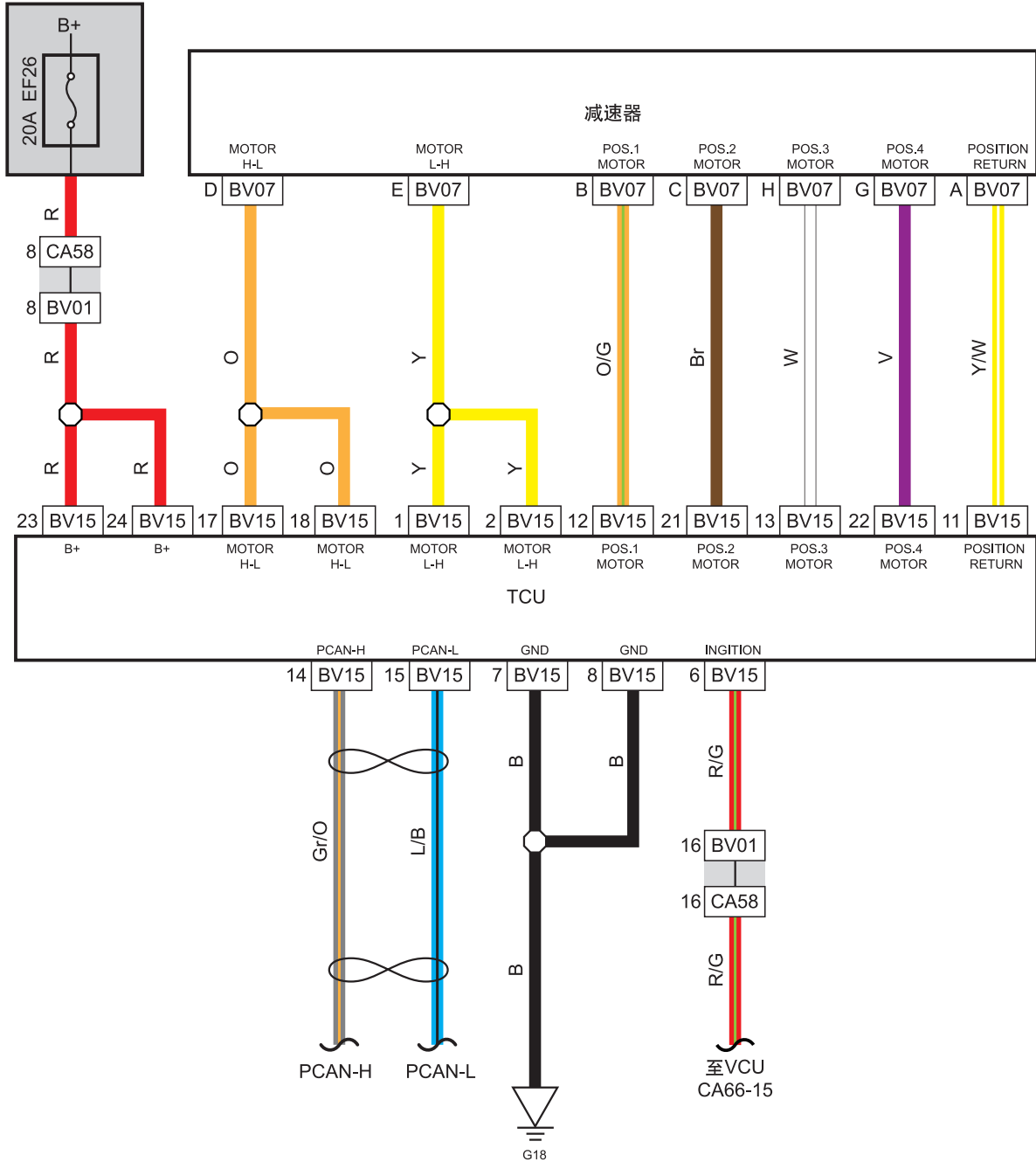


图 4-6-6 减速器控制器电路图

表 4-6-2 电子换挡器端子

端子号	端子定义	颜色	端子状态	规定条件(电压、电流、波形)
1	KL30	R/Y	电源	12V
2	KL15	W/G	电源	12V
3	P POSITION INDICATION OUTPUT	G/B	-	-
4	CAN-H GR/O	总线	高	-
5	CAN-L BL/B	总线	低	-
6	LIN	V/Y	数据线	-
7	-	-	-	-
8	-	-	-	-
9	-	-	-	-
10	GND	B	接地	负极
11	-	-	-	-
12	-	- </tr		

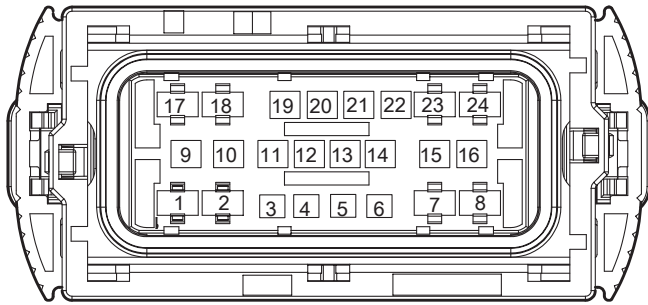


图 4-6-7 减速器控制器 (TCU) 端子

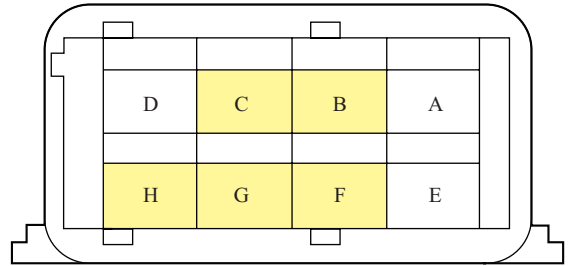


图 4-6-8 减速器端子

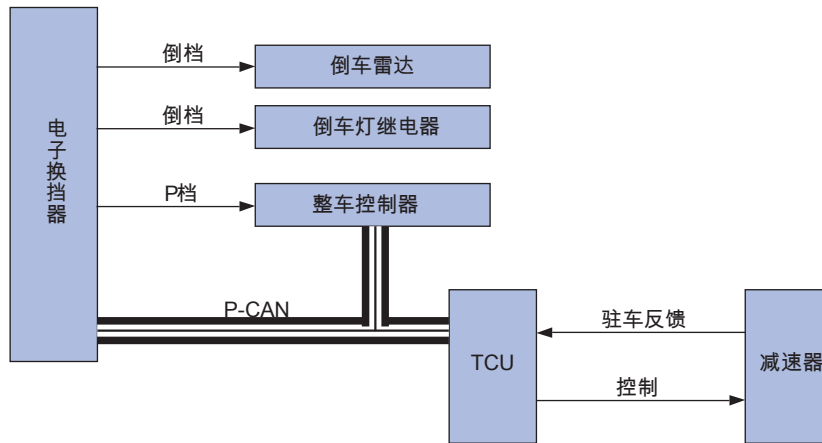


图 4-6-9 电子换挡锁电气示意图

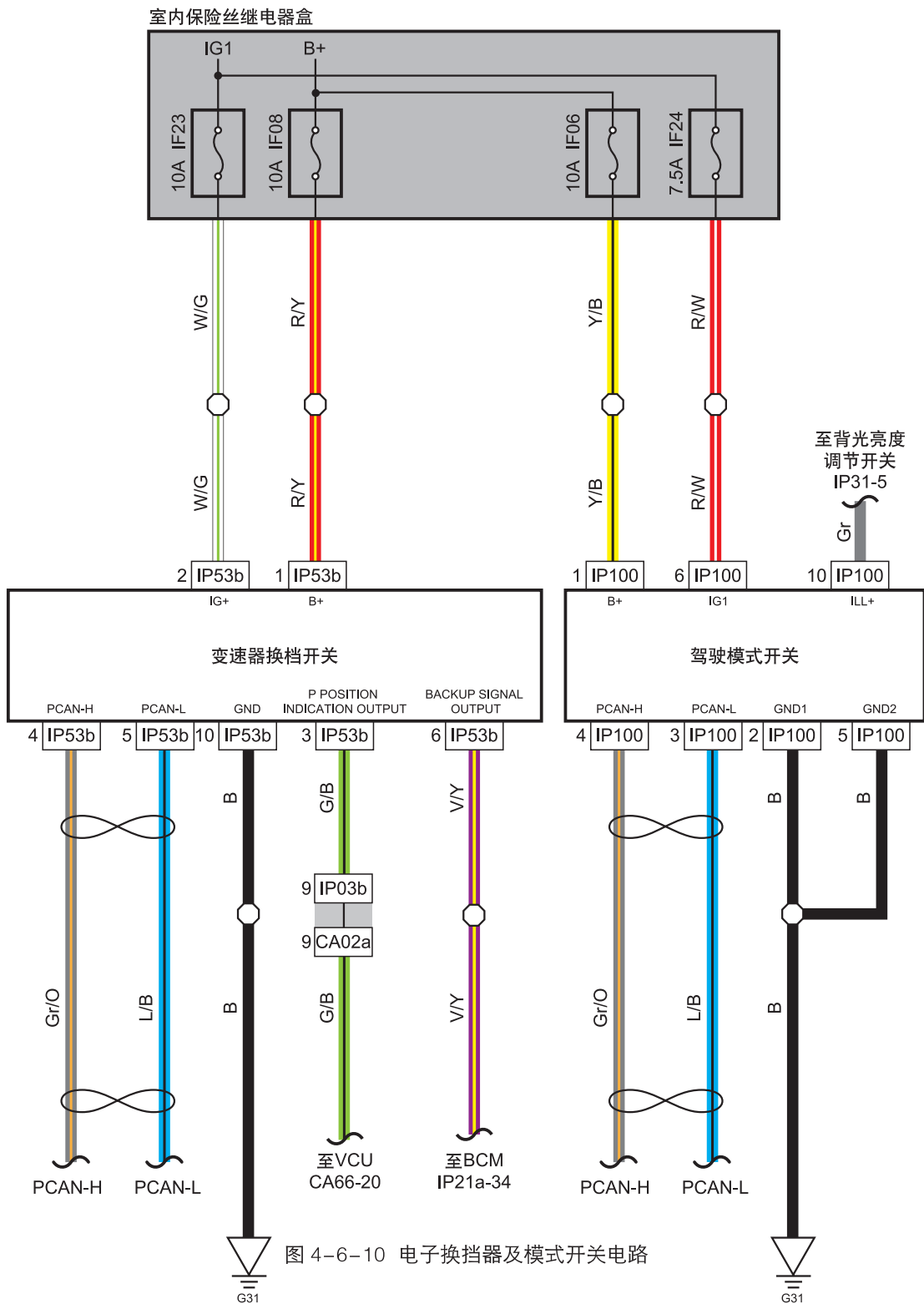


图 4-6-10 电子换挡器及模式开关电路

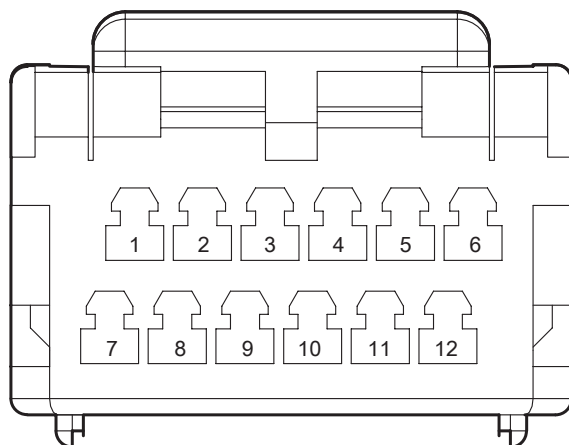


图 4-6-11 电子换挡器端子

(4) 检测

1) TCU 故障码

TCU 故障码如表 4-6-3 所示，电子换挡锁 EGSM 故障码如表 4-6-4 所示，换挡电机故障码如表 4-6-5 所示。

表 4-6-3 TCU 故障码

故障诊断代码	说明
U007300	CAN 总线关闭
U011087	IPU 报文丢失
U111487	VCU 报文丢失
U012287	ESC 车速消息丢失
U021487	PEPS 消息丢失
U041181	IPU 数据无效
U140481	VCU 数据无效
U051581	PEPS 数据无效
U041681	ESC 车速数据无效
U249683	IPU 校验位无效
U24A883	VCU 校验位无效
U241883	PEPS 校验位无效
U241283	ESC 车速校验位无效
U349682	IPU 信号序列错误
U34A882	VCU 信号序列错误
U341882	PEPS 信号序列错误
U341282	ESC 车速信号序列错误
C180001	换挡电机编码器位置无效
C180111	换挡电机编码器对地短路
C180213	换挡电机电路开路
C180312	换挡电机电路对电源短路
C180411	换挡电机电路对地短路
U300616	系统欠压
U300617	系统超压
U130055	功能配置

表 4-6-4 电子换挡锁故障码

故障诊断代码	说明
U007300	CAN 总线关闭
U015587	与仪表 / 车身控制模块通讯丢失
U021487	与无钥匙进入一键启动模块通讯丢失
U111487	与整车控制器通讯丢失
U012287	与电子稳定控制单元通讯丢失
U300616	系统电压过低
U300617	系统电压过高
P168181	与球头 LIN 通讯故障
P168187	与球头 LIN 通讯丢失
P168200	霍尔传感器故障
P168371	球头 P 档按键卡滞
P168471	球头解锁按键卡滞
P168981	与面板 LIN 通讯故障
P168987	与面板 LIN 通讯丢失
U110000	与变速器 / 车辆控制单元 LIN 通讯丢失
U110081	与变速器 / 车辆控制单元通信错误

表 4-6-5 P 挡电机故障码

故障码	说明
C180001	换挡电机编码器位置无效
C180111	换挡电机编码器对地短路
C180213	换挡电机电路开路
C180312	换挡电机电路对电源短路
C180411	换挡电机电路对地短路

2) 故障诊断数据流列表
故障诊断数据流如表表 4-6-6 所示。

表 4-6-6 故障诊断数据流列表

DID 描述	正常范围	单位
System Voltage / 系统供电电压	9~16	V
Motor Position Grey Code /P 挡换挡电机编码器码值	0~15	/
System Operating Mode / 系统操作模式	0-Unknown 1-Park 2-Transition To UnPark	/
ePark Motor Position /P 档换挡电机位置	0-Not Initialized 1-Unknown 2-Park Endstop 3-Park 4-Between Park and UnPark 5-UnPark 6-UnPark Endstop	/

DID 描述	正常范围	单位
Stuck in UnPark /P 档是否卡滞在解锁位置	0 False 1 True	/
Stuck in Park /P 档是否卡滞在驻车位置	0 False 1 True	/
Vehicle Speed / 车速	0~360	KPH
ECU Power Voltage ECU 电压	9~16	V
Vehicle Speed 车速	0-120	Km/h
Occurrence Counter 故障发生计数器	0-255	time
The Odometer Of First Malfunction 第一次发生故障时汽车里程	/	Km
The Odometer Of Last Malfunction 最后一次发生故障时汽车里程	/	Km
EGSM sensor position EGSM 传感器位置 /	/	/

3) TCU 检测

①用诊断仪访问 TCU，如有故障码，按故障码进行维修。

②测量蓄电池

若无故障码，检测蓄电池电压应在 11-14V，若蓄电池电压不在标准范围内则检测蓄电池及 DC-DC 系统。

③检查 TCU 模块保险丝 EF26 及线路。

④检查 TCU 电源

首先操作启动开关使电源模式至 OFF 状态，然后断开 TCU 模块线束连接器 BV15，再操作启动开关使电源模式至 ON 状态，测量 TCU 模块线束连接器 BV15 端子 23、24 对车身接地的电压，电压标准值为 11-14V。

⑤检查 TCU 模块线束连接器（接地端子导通性）

操作启动开关使电源模式至 OFF 档，测量 TCU 模块线束连接器 BV15 端子 7、8 与车身接地之间的电阻值应小于 1Ω。

⑥若以上问题都正常则更换 TCU 模块。

4) EGSM 模块 CAN 通讯故障

①用诊断仪读取如有故障码，按故障码进行维修。

②测量蓄电池

若无故障码，检测蓄电池电压应在 11-14V，若蓄电池电压不在标准范围内则检测蓄电池及 DC-DC 系统。

③检查保险丝 IF08、IF23 及线路。

④检查 VCU 线束连接器（端子电压）。

首先操作启动开关使电源模式至 OFF 状态，然后断开 VCU 模块线束连接器 CA66，再操作启动开关使电源模式至 ON 状态，测量 VCU 模块线束连接器 CA66 端子 12、50 对车身接地的电压，电压标准值为 11-14V。

⑤检查 VCU 模块线束连接器（接地端子导通性）

操作启动开关使电源模式至 OFF 档，测量 VCU 模块线束连接器 CA66 端子 1、2、26、54 与车身接地之间的电阻值应小于 1Ω。

⑥检查 EGSM 线束连接器（端子电压）。

首先操作启动开关使电源模式至 OFF 状态，然后断开 EGSM 模块线束连接器 IP53，再操作启动开关使电源模式至 ON 状态，测量 VCU 模块线束连接器 IP53 端子 1、2 对车身接地的电压，电压标准值为 11-14V。

⑦检查 EGSM 模块线束连接器（接地端子导通性）

操作启动开关使电源模式至 OFF 档，测量 VCU 模块线束连接器 EGSM 端子 10 与车身接地之间的电阻值应小于 1Ω。

⑧检查 EGSM 模块与 VCU 之间线束连接器的数据通讯线

操作启动开关使电源模式至 OFF 档，将蓄电池负极电缆从蓄电池上断开，断开 EGSM 模块线束连接器 IP53，从 VCU 上断开线束连接器 CA66，测量 EGSM 模块线束连接器 IP53 端子 4 与 VCU 线束连接器 CA66 端子 8 之间的电阻值，测量 EGSM 模块线束连接器 IP53 端子 5 与 VCU 线束连接器 CA66 端子 7 之间的电阻值，电阻均应小于 $1\ \Omega$ 。

⑨若以上问题都正常则依次更换 VCU、EGSM 模块，进行故障判定。

5) EGSM 电源故障及硬件故障

①用诊断仪读取如有故障码，按故障码进行维修。

②测量蓄电池

若无故障码，检测蓄电池电压应在 11-14V，若蓄电池电压不在标准范围内则检测蓄电池及 DC-DC 系统。

③检查保险丝 IF08、IF23 及线路。

④检查 EGSM 线束连接器 (端子电压)。

首先操作启动开关使电源模式至 OFF 状态，然后断开 EGSM 模块线束连接器 IP53，再操作启动开关使电源模式至 ON 状态，测量 VCU 模块线束连接器 IP53 端子 1、2 对车身接地的电压，电压标准值为 11-14V。

⑤检查 EGSM 模块线束连接器 (接地端子导通性)

操作启动开关使电源模式至 OFF 档，测量 VCU 模块线束连接器 EGSM 端子 10 与车身接地之间的电阻值应小于 $1\ \Omega$ 。

⑥若以上问题都正常则更换 EGSM 模块。

6) EGSM 模块 LIN 通讯故障

①用诊断仪读取如有故障码，按故障码进行维修。

②测量蓄电池

若无故障码，检测蓄电池电压应在 11-14V，若蓄电池电压不在标准范围内则检测蓄电池及 DC-DC 系统。

③检查保险丝 IF08、IF23 及线路。

④检查 VCU 线束连接器 (端子电压)。

首先操作启动开关使电源模式至 OFF 状态，然后断开 VCU 模块线束连接器 CA66，再操作启动开关使电源模式至 ON 状态，测量 VCU 模块线束连接器 CA66 端子 12、50 对车身接地的电压，电压标准值为 11-14V。

⑤检查 VCU 模块线束连接器 (接地端子导通性)

操作启动开关使电源模式至 OFF 档，测量 VCU 模块线束连接器 CA66 端子 1、2、26、54 与车身接地之间的电阻值应小于 $1\ \Omega$ 。

⑥检查 EGSM 线束连接器 (端子电压)。

首先操作启动开关使电源模式至 OFF 状态，然后断开 EGSM 模块线束连接器 IP53，再操作启动开关使电源模式至 ON 状态，测量 VCU 模块线束连接器 IP53 端子 1、2 对车身接地的电压，电压标准值为 11-14V。

⑦检查 EGSM 模块线束连接器 (接地端子导通性)

操作启动开关使电源模式至 OFF 档，测量 VCU 模块线束连接器 EGSM 端子 10 与车身接地之间的电阻值应小于 $1\ \Omega$ 。

⑧检查 EGSM 模块与 VCU 之间线束连接器的数据通讯线

操作启动开关使电源模式至 OFF 档，将蓄电池负极电缆从蓄电池上断开，断开 EGSM 模块线束连接器 IP53，从 VCU 上断开线束连接器 CA66，测量 EGSM 模块线束连接器 IP53 端子 3 与 VCU 线束连接器 CA66 端子 20 之间的电阻值，电阻均应小于 $1\ \Omega$ 。

⑨若以上问题都正常则依次更换 VCU、EGSM 模块，进行故障判定。

7) 换挡电机检测

①用诊断仪读取如有故障码，按故障码进行维修。

②测量蓄电池

若无故障码，检测蓄电池电压应在 11-14V，若蓄电池电压不在标准范围内则检测蓄电池及 DC-DC

系统。

③检查保险丝 EF26 及线路。

④检查 TCU 电源

首先操作启动开关使电源模式至 OFF 状态，然后断开 TCU 模块线束连接器 BV15，再操作启动开关使电源模式至 ON 状态，测量 TCU 模块线束连接器 BV15 端子 23、24 对车身接地的电压，电压标准值为 11-14V。

⑤检查 TCU 模块线束连接器（接地端子导通性）

操作启动开关使电源模式至 OFF 档，测量 TCU 模块线束连接器 BV15 端子 7、8 与车身接地之间的电阻值应小于 1Ω 。

⑥检查换挡电机控制线路

操作启动开关使电源模式至 OFF 状态，断开 TCU 线束连接器 BV1，断开驻车电机线束连接器 BV07，操作启动开关使电源模式至 ON 状态，用万用表按下表进行测量：

测量端口 A	测量端口 B	测量标准值
BV15-1	BV07-E	标准电阻：小于 1Ω
BV15-2	BV07-E	
BV15-17	BV07-D	
BV15-18	BV07-D	
BV15-1	车身接地	标准电阻： $10k\Omega$ 或更高
BV15-2	车身接地	
BV15-1	车身接地	标准电压：0V
BV15-2	车身接地	

⑦检查换挡电机位置信号线路

操作启动开关使电源模式至 OFF 状态，断开 TCU 线束连接器 BV1，断开驻车电机线束连接器 BV07，操作启动开关使电源模式至 ON 状态，用万用表按下表进行测量：

测量端口 A	测量端口 B	测量标准值
BV15-11	BV07-A	标准电阻：小于 Ω
BV15-12	BV07-B	
BV15-21	BV07-C	
BV15-13	BV07-H	
BV15-22	BV07-G	标准电阻： $10k\Omega$ 或更高
BV15-11	车身接地	
BV15-12	车身接地	
BV15-21	车身接地	
BV15-13	车身接地	
BV15-22	车身接地	

⑧若以上问题都正常则更换换挡电机。

二、驱动电机

帝豪电动汽车驱动电机为永磁同步电机，三相交流电被接入到定子线圈中，即产生了旋转的磁场，这个旋转的磁场牵引转子内部的永磁体，产生和旋转磁场同步的旋转扭矩。使用旋转变压器检测转子的位置和电流传感器检测线圈的电流，从而控制驱动电机的扭矩输出

帝豪 EV450 驱动电机及控制器位置如图 4-6-12 所示。

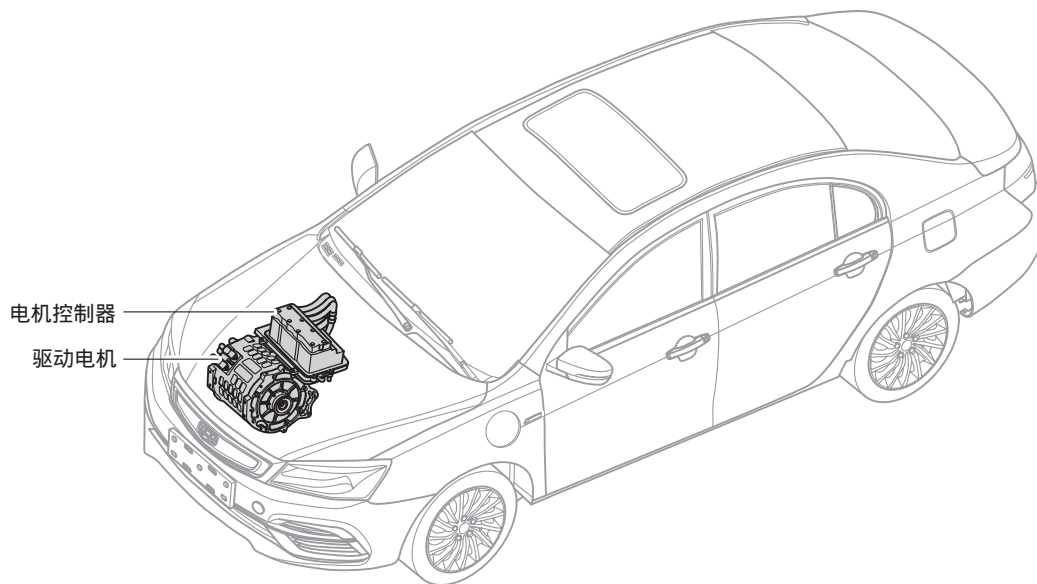


图 4-6-12 帝豪 EV450 驱动电机及控制器位置

1. 系统工作原理

如图 4-6-13 所示，当三相交流电被接入到定子线圈中，即产生了旋转的磁场，这个旋转的磁场牵引转内部的永磁体，产生和旋转磁场同步的旋转扭矩。

使用旋转变压器检测转子的位置和电流传感器检测线圈的电流，从而控制驱动电机的扭矩输出。

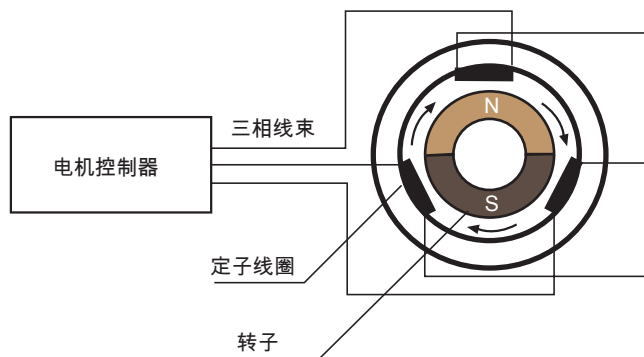


图 4-6-13 电机工作原理

旋变信号的作用是反应驱动电机转子当前的旋转相位，电机控制器在通过旋变信号计算当前的驱动电机转速。本车旋转变压器采用磁阻式旋转变压器。结构如图 4-6-14 所示，旋变转子与驱动电机转子同轴连接，随电机转轴旋转。旋变定子内侧有感应线圈，安装在驱动电机定子上。驱动电机旋转时，带动旋变转子旋转。旋变器与电机控制器中间通过 6 根低压线束连接，2 根是从电机控制器激励信号，另外 4 根分别是旋变器输出的正弦信号和余弦信号。6 根线当中任何一根线路出现故障都会导致驱动电机无法正常工作。

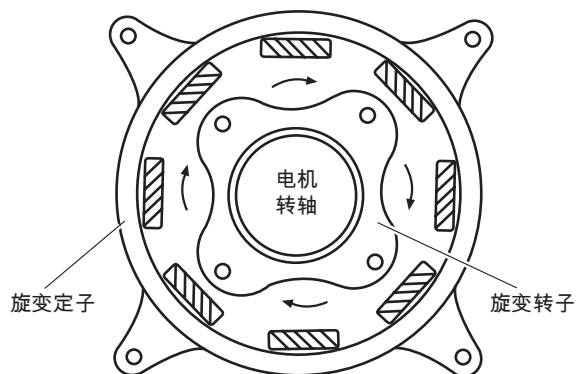


图 4-6-14 旋转变压器

2. 驱动电机端子

电机线束连接器 BV13 如图 4-6-15 所示，其端子含义如表 4-6-7 所示。

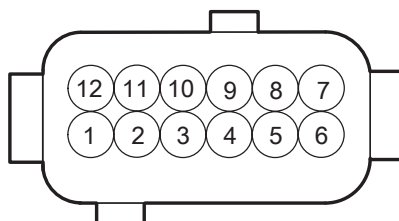


图 4-6-15 电机线束连接器

表 4-6-7 电机线束连接器端子

端子号	端子定义	颜色	端子状态	规定条件(电压、电流、波形)
1	NTC 温度传感器 1+	L/R	-	-
2	NTC 温度传感器 1-	R	-	-
3	NTC 温度传感器 2+	Br/W	-	-
4	NTC 温度传感器 2-	W/G	-	-
5	屏蔽接地	B	-	-
6	屏蔽接地	B	-	-
7	COSL	P	旋变余弦	-
8	COS	L	旋变余弦	-
9	SINL	W	旋变正弦	-
10	SIN	Y	旋变正弦	-
11	REFL	O	旋变励磁	-
12	REF	G	旋变励磁	-

3. 电机绝缘检测

(1) 确认高压回路切断

- 1) 操作启动开关使电源模式至 OFF 状态。
- 2) 断开蓄电池负极电缆。
- 3) 断开直流母线。
- 4) 断开电机控制器高压线束连接器 BV18。
- 5) 等待 5 分钟。
- 6) 用万用表检测电机控制器正负极电压。标准电压应 $\leq 5V$ ，若不是此则等待电机电压下降。若是标准电压，则可测量电机绝缘值。

(2) 检测电机绝缘阻值

- 1) 操作启动开关使电源模式至 OFF 状态。
- 2) 断开蓄电池负极电缆。
- 3) 断开直流母线。
- 4) 拆卸电机三相线束连接器 BV18 (电机控制器侧)。
- 5) 将高压绝缘检测仪的档位调至 1000V。
- 6) 用高压绝缘检测仪测量三相线束连接器 BV18 的 1 号端子与电机壳体之间的电阻应大于或等于 $20M\Omega$ 。
- 7) 用高压绝缘检测仪测量三相线束连接器 BV18 的 2 号端子与电机壳体之间的电阻应大于或等于 $20M\Omega$ 。
- 8) 用高压绝缘检测仪测量三相线束连接器 BV18 的 3 号端子与电机壳体之间的电阻应大于或等于 $20M\Omega$ 。

4. 电机异响、强烈振动或转速和输出功率达不到要求的检测

首先要说明，在极低速输出大扭矩时，电机控制器就会降低 IGBT 的变换频率，这时驱动电机的电磁噪声会变得更加明显，这并不意味着电机控制器的特性或控制存在问题。

(1) 紧固电机固定螺栓

- 1) 操作启动开关使电源模式至 OFF 状态。
- 2) 检查电机后端盖与悬挂支架连接螺栓是否紧固。
- 3) 检查电机前端盖与减速器壳体连接螺栓是否紧固，否则进行紧固。

(2) 检查电机冷却系统

- 1) 操作启动开关使电源模式至 ON 状态。
- 2) 检查冷却管路管路无老化、变形、渗漏。
- 3) 确认水箱、管路无水垢、堵塞现象。
- 4) 确认水泵是否工作正常。

(3) 检查电机线束连接器

- 1) 操作启动开关使电源模式至 OFF 状态。
- 2) 检查电机低压线束连接器是否插接牢固、无松脱
- 3) 检查电机高压线束连接器是否插接牢固、无松脱

(4) 检查驱动电机三相线束紧固力矩

- 1) 操作启动开关使电源模式至 OFF 状态。
- 2) 断开蓄电池负极电缆。
- 3) 断开直流母线。
- 4) 检查三相线检查固定螺栓的紧固力矩（电机控制器侧）是否符合标准。
- 5) 检查三相线检查固定螺栓的紧固力矩（电机侧）是否符合标准。

(5) 检测驱动电机三相线束是否相互短路故障

- 1) 操作启动开关使电源模式至 OFF 状态。
- 2) 断开蓄电池负极电缆。
- 3) 断开直流母线。
- 4) 断开驱动电机三相线束连接器 BV19。
- 5) 断开驱动电机三相线束连接器 EP62。
- 6) 用万用表按下表进行对连接器 BV19 的 3 个端子两两测量，阻值应大于 $20\text{k}\Omega$ ，否则定子绕组存在短路现象。

(6) 检测驱动电机三相线绝缘电阻

- 1) 操作启动开关使电源模式至 OFF 状态。
- 2) 断开直流母线。
- 3) 断开驱动电机三相线束连接器 BV19。
- 4) 用万用表按下表进行对连接器 BV19 的 3 个端子对车身接地阻值，应大于 $20\text{k}\Omega$ ，否则定子绕组存在绝缘不良现象。

(7) 进行前后端盖清理检查

- 1) 拆卸电机。
- 2) 用除锈清洗剂清洗端盖，确认端盖无灰尘、无杂物，止口无破损，无碰伤；
- 3) 用内径千分尺测量轴承室无磨损、甩圈、轴承室尺寸合格，否则修理或更换后端盖。

(8) 清理检查水套壳体

- 1) 拆卸电机。
- 2) 用除锈清洗剂清洗，水套端面要求无灰尘、无杂物，止口无破损，无碰伤。
- 3) 用密封检测工装，检测壳体有无漏气现象。
- 4) 用水道检测工装，检测水道是否有堵塞、水道流量是否满足冷却要求。
- 5) 复测转子动平衡，超出规定数值后，需重新标定动平衡量。
- 6) 确认故障是否排除。

(9) 转子清理检查

- 1) 拆卸电机。
 - 2) 用电机专用拆装机拆出转子。
 - 3) 用胶带清理转子灰尘、杂物，用除锈剂清除转子锈迹。
 - 4) 检测转子，要求铁芯外径无鼓起、无破损、无刮蹭。
 - 5) 复测转子动平衡，超出规定数值后，需重新标定动平衡量。
 - 6) 确认故障是否排除。
- (10) 定子检测清理检查
- 1) 拆卸电机。
 - 2) 用吸尘器清理定子灰尘，用除锈剂清除定子铁芯的锈迹，要求定子表面无灰尘，定子内圆无刮蹭、无杂物，定子线包无损伤，定子绝缘漆无脆裂等。
 - 3) 用耐压绝缘表测试耐压、绝缘。
 - 4) 定子综合测试仪测试电性能。
 - 5) 出线端子更换。
 - 6) 温度传感器绝缘检测。
 - 7) 重新更换三相出线和温度传感器出线的绝缘管、热缩管。
 - 8) 确认故障是否排除。
- (11) 检测旋变定子
- 1) 拆卸电机。
 - 2) 用电阻计检测旋变定子电阻值。
 - 3) 用耐压绝缘表测试耐压、绝缘。
 - 4) 重新更换旋变信号线出线绝缘管、端子。
 - 5) 确认故障是否排除。
- (12) 前、后轴承更换
- 1) 拆卸电机。
 - 2) 用拉马拆除旧轴承，用专用压装工装，压轴承内圈，更换新轴承，轴承须装配到位。
 - 3) 轴用轴承挡圈安装到位。
 - 4) 确认故障是否排除。
- (13) 更换驱动电机
- 1) 操作启动开关使电源模式至 OFF 状态。
 - 2) 断开蓄电池负极电缆。
 - 3) 断开直流母线。
 - 4) 更换驱动电机。
 - 5) 确认电机工作正常。

三、电机控制器

电机控制器安装在前舱内，采用 CAN 通讯控制，控制着动力电池组到电机之间能量的传输，同时采集电机位置信号和三相电流检测信号，精确地控制驱动电机运行。

电机控制器是一个既能将动力电池中的直流电转换为交流电以驱动电机，同时具备将车轮旋转的动能转换为电能（交流电转换为直流电）给动力电池充电的设备。

车辆制动或滑行阶段，电机作为发电机应用。它可以完成由车轮旋转的动能到电能的转换，给电池充电。

DC/DC 集成在电机控制器内部，其功能是将电池的高压电转换成低压电，提供整车低压系统供电。

1. 结构

电机控制器内部包含 1 个 DC/AC 逆变器和 1 个 DC/DC 直流转换器，逆变器由 IGBT、直流母线电容、驱动和控制电路板等组成，实现直流（可变的电压、电流）与交流（可变的电压、电流、频率）之间的转变。直流转换器由高低压功率器件、变压器、电感、驱动和控制电路板等组成，实现直流高压向直流低压的能量传递。电机控制器还包含冷却器（通过冷却液）给电子功率器件散热。电机控制器结构如图 4-6-16 所示，结构原理如图 4-6-17 所示。

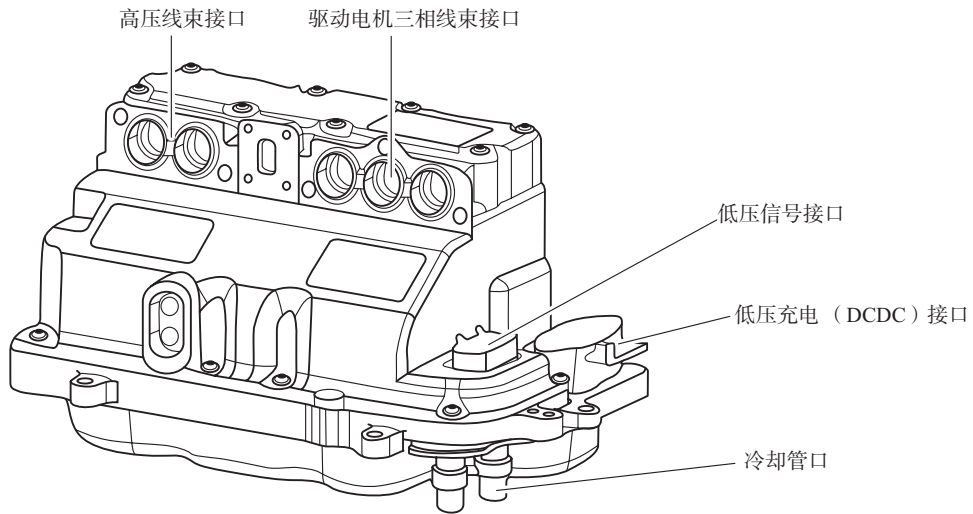


图 4-6-16 电机控制器结构

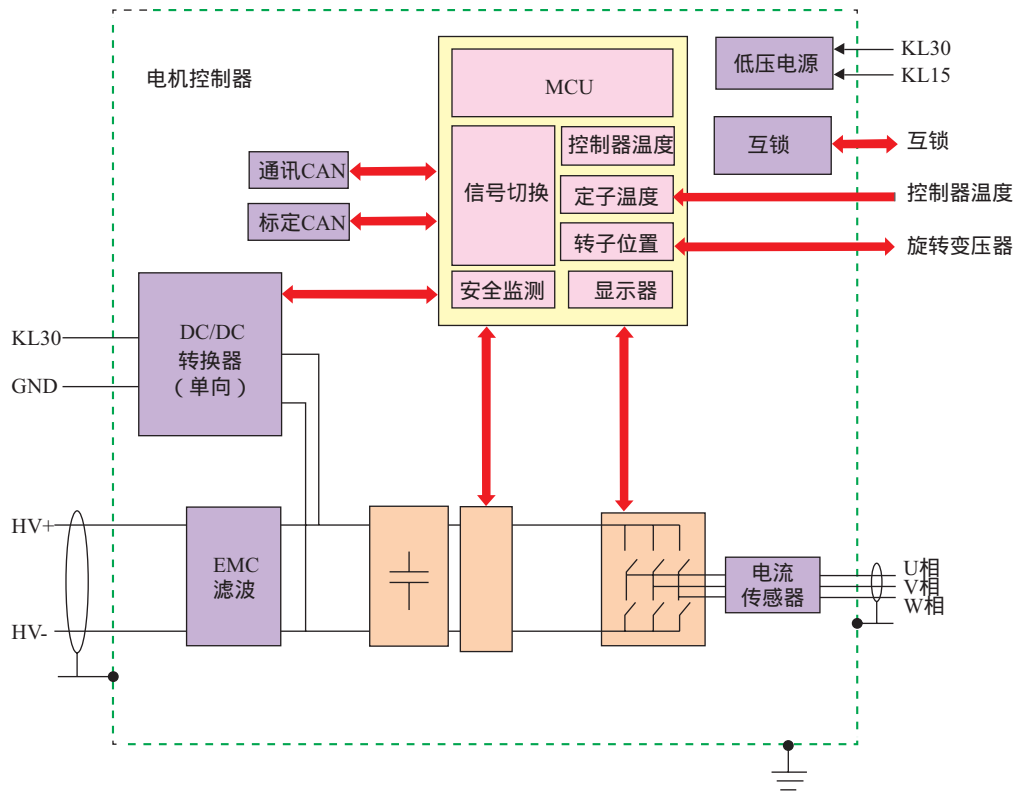


图 4-6-17 电机控制器结构原理图

2. 系统功能

电机控制器电气原理图如图 4-6-18 所示，其功能如下：

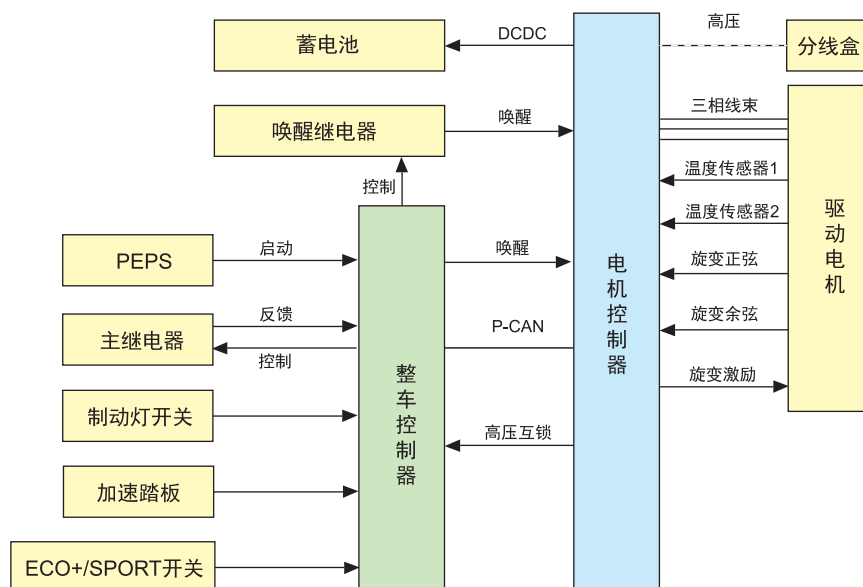


图 4-6-18 电机控制器电气原理图

(1) 转矩控制模式

电机控制系统控制电机轴向四象限的转矩。由于没有转矩传感器，转矩指令（由整车控制器发送）被转换为电流指令，并进行闭环控制。转矩控制模式只有在获得正确的初始偏移角度时才能进行。

(2) 静态模式

静态模式在电机控制器（PEU）处于被动状态（待机状态）或故障状态时被激活。

(3) 主动放电模式

主动放电用于高压直流端电容的快速放电。主动放电指令来自整车控制器的指令或由电机控制器（PEU）内部故障触发。

(4) DC-DC 直流转换

电机控制器（PEU）中的 DC-DC 转换器将高压直流端的高压转换成指定的直流低压（12V 低压系统），低压设定值来自整车控制器指令。

(5) 系统诊断功能

当故障发生时，软件根据故障级别使 PEU 进入安全状态或限制状态。安全状态包括主动短路或 Freewheel 模式，限制状态包括四个级别的功率 / 转矩输出限制。PEU 软件中提供基于 ISO14229 标准的诊断通讯功能。如表 4-6-8 所示。

表 4-6-8 系统诊断功能

诊断项目	诊断内容
传感器诊断	电流传感器、电压传感器、温度传感器、位置传感器等故障诊断
电机诊断	电流调节故障，电机性能检查，主动短路或空转条件不满足，转子偏移角诊断等
CAN 通信诊断	包括 CAN 内存检测，总线超时，报文长度、Checksum 校验，收发计数器的诊断
硬件安全关诊断	相电流过流诊断、直流母线电压过压诊断，高 / 低压供电故障诊断，处理器监控等
DC/DC 诊断	DC/DC 传感器以及工作状态诊断

3. 加速踏板位置传感器

加速踏板位置传感器将加速信号传给 VCU，VCU 通过 CAN 线将信息传递给电机控制器。

帝豪 EV450 加速踏板位置传感器电路如图 4-6-19 所示。作为系统的安全性保障之一，加速踏板位置传感器设计成双输出传感器。两个传感器的输出电压信号都随加速踏板的位置增加而增加如表 4-6-9 所示，加速踏板位置传感器参数曲线如图 4-6-20 所示。

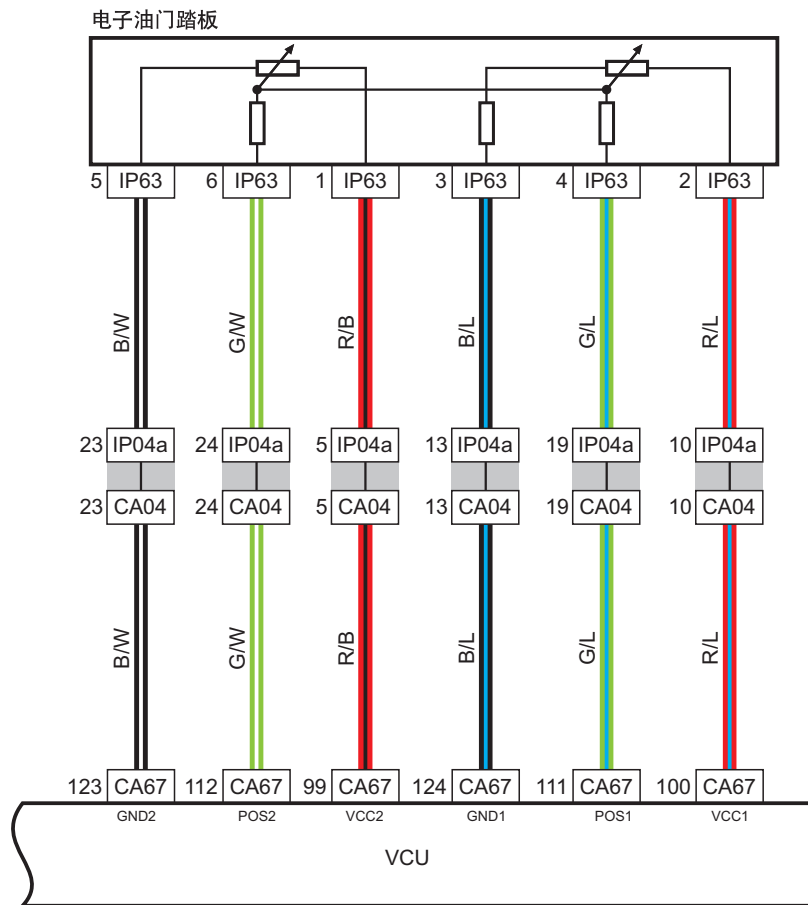


图 4-6-19 加速踏板位置传感器电路图

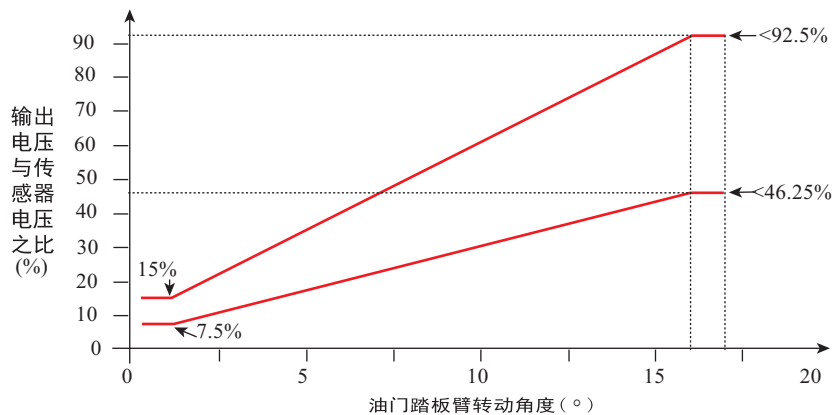


图 4-6-20 加速踏板位置传感器参数曲线

表 4-6-9 加速踏板位置传感器参数

项目	参数	单位
电源电压	$5V \pm 0.5$	V
负载电阻	> 300	K Ω
操作力	5~44	N
踏板臂角度	≤ 18	度

4. 制动踏板开关

当驾驶员踩下制动踏板，表现制动或减速意图时，该开关将踏板位置信号转换成电压信号，通过硬线传递给 VCU，帝豪 EV450 制动踏板开关电路如图 4-6-21 所示。

制动踏板开关内部有两组开关，一组为常闭开关，一组为常开开关。VCU 通过两组开关输出电压的变化判断驾驶员的制动或减速意图。

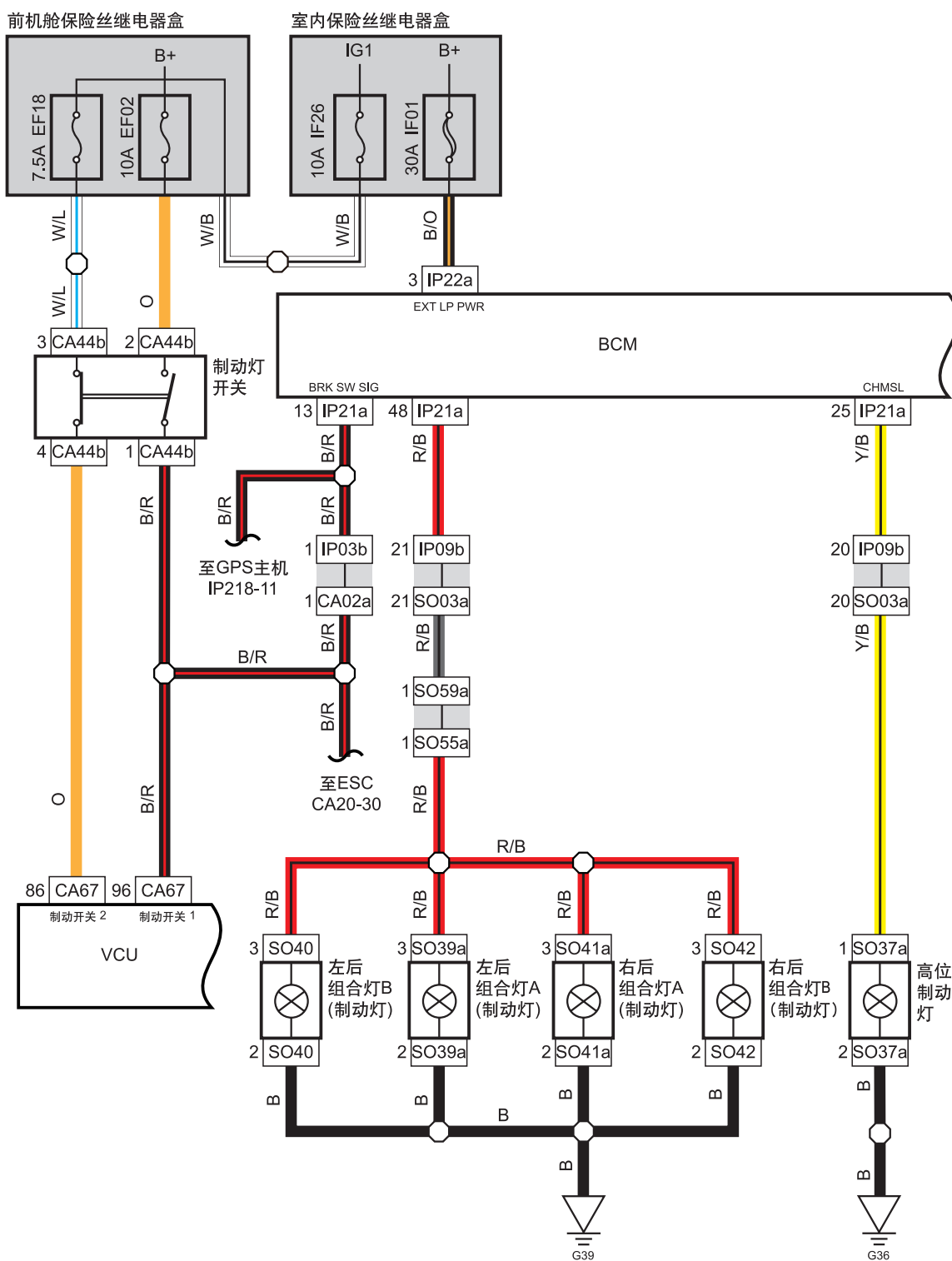


图 4-6-21 制动踏板开关电路

5. 模式开关

帝豪 EV450 模式开关如图 4-6-22 所示。其电路如图 4-6-10 所示。

帝豪 EV450 有两种模式。

ECO 模式：日常运行工况，动力性与经济性相平衡。

SPORT 模式：开启后仪表盘变为红色，油门响应迅速，电击输出功率更高，加速更快，方向盘助力转向变重，驾驶更富激情。

6. 电机控制器电路

电机控制器电路如图 4-6-23、4-6-24 所示，电机控制器端子如图 4-6-25 所示，端子含义如表 4-6-10 所示。



图 4-6-22 帝豪 EV450 模式开关

表 4-6-10 电机控制器端子含义

端子号	端子定义	颜色	备注	状态
1	Interlock input +	Br	-	-
2	-	-	-	-
3	-	-	-	-
4	Interlock output +	W	-	-
5	Temperature sensor INPUT +	Br/W	-	-
6	Temperature sensor GND	R	-	-
7	Temperature sensor INPUT +	L/R	-	-
8	-	-	-	-
9	-	-	-	-
10	Shielding GND	B	-	-
11	GND	B	-	-
12	-	-	-	-
13	Temperature sensor GND	W/G	-	-
14	WAKEUP input	L/W	-	-
15	AC puLg Templ GND	G	-	-
16	ResovLer COSLO	P	-	-
17	ResovLer SINLO	W	-	-
18	-	-	-	-
19	-	-	-	-
20	Communication CAN high	Gr/O	-	-
21	Communication CAN low	L/B	-	-
22	ResovLer — EXC	O	-	-
23	ResovLer COSHI	L	-	-
24	ResovLer SINHI	Y	-	-
25	KL15	G/Y	-	-
26	KL30	R/L	-	-
27	CaLibration CAN high	P/W	-	-
28	CaLibration CAN low	B/W	-	-

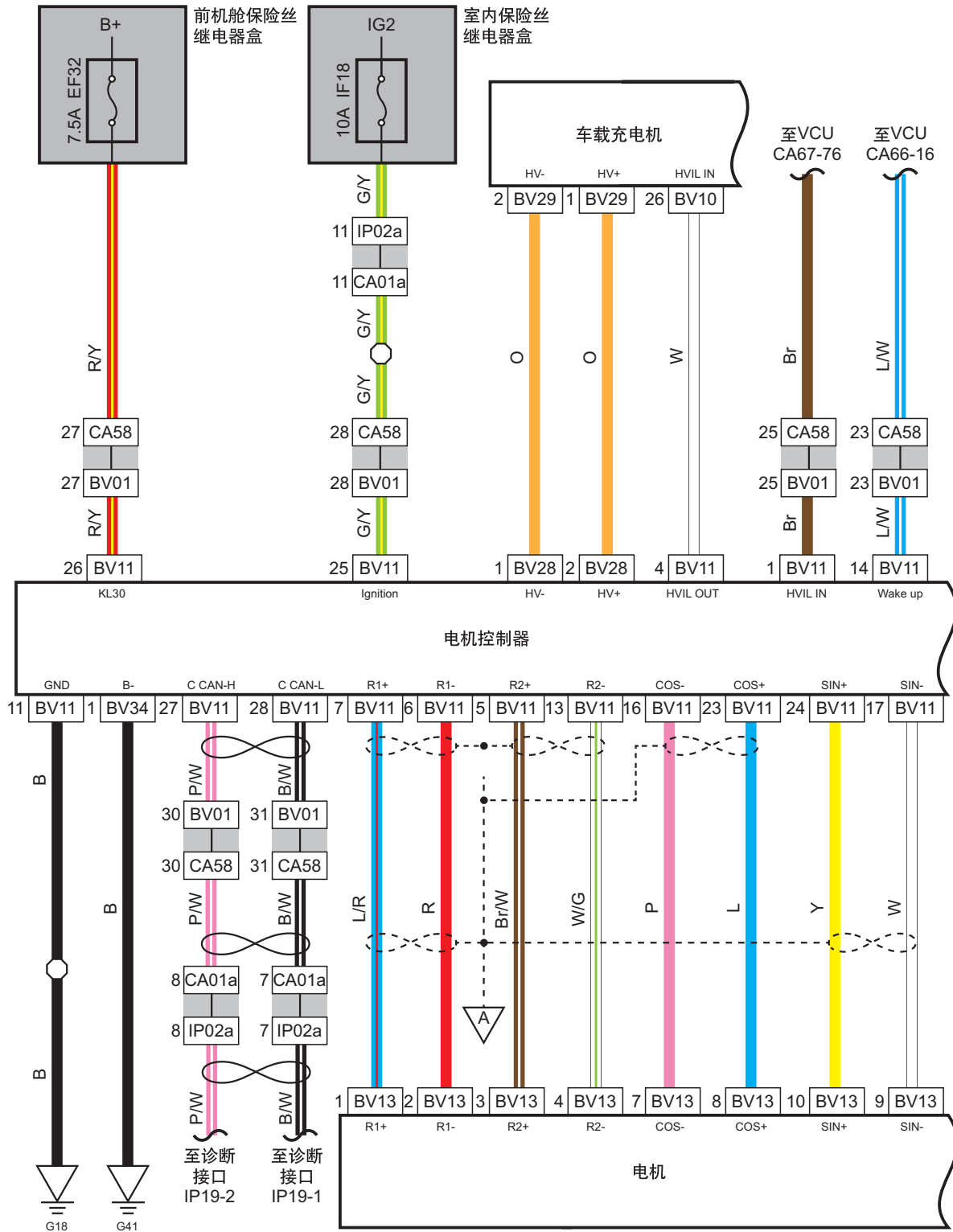


图 4-6-23 电机控制器电路 (1)

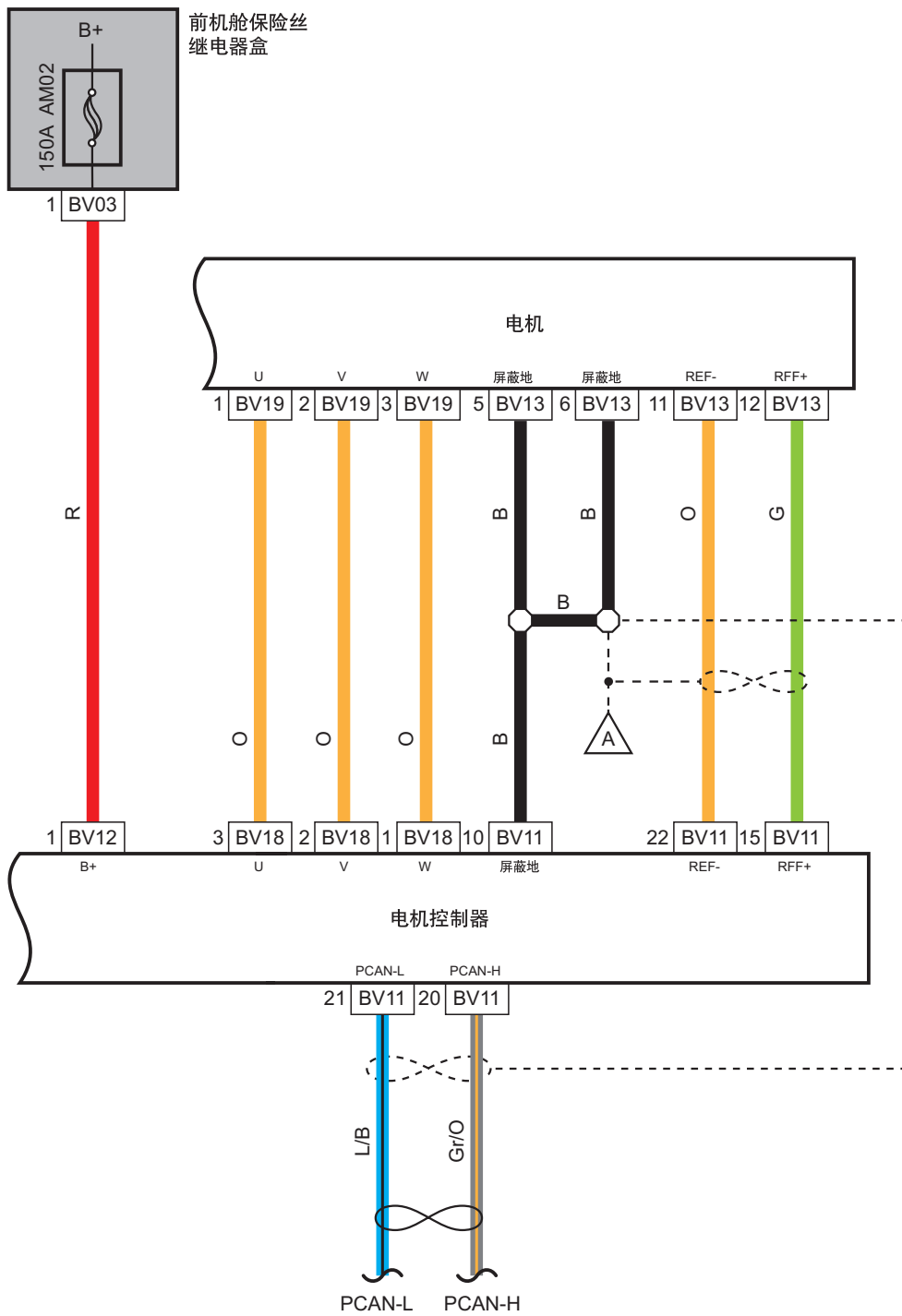


图 4-6-24 电机控制器电路 (2)

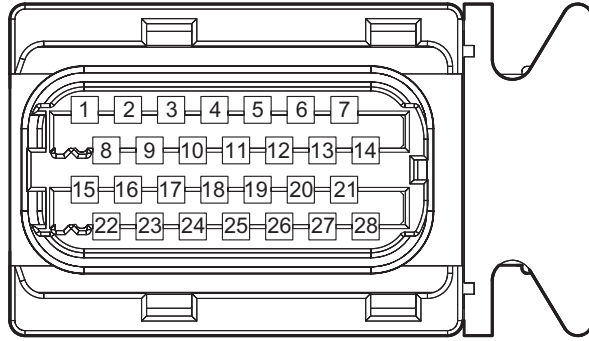


图 4-6-25 电机控制器端子

7. 电机控制器检测

(1) 故障代码表

电机控制器故障代码如表 4-6-11 所示。

表 4-6-11 电机控制器故障代码

故障代码	故障描述	排除方法
P1C0300	drive 模式下 DFW 时钟检测	更换 PEU 硬件
P060600	CPLD 时钟检测	
P06B013	IGBT 驱动芯片电源故障	
P1C0619	IGBT 上桥臂短路故障	
P0C0100	硬件过流故障	
P1C0819	IGBT 下桥臂短路故障	
P0C7900	母线电压硬件过压	
P1C1500	Inverter 内部 5V 过压	
P060400	检测 CAN Ram 读写是否正常	
P1C0100	正常输出时 70k DFW 时钟检测	
P1C0200	紧急输出时 25K DFW 时钟检测	
P0A1B01	CY320 与主控芯片的 SPI 通讯不正常故障	
U007388	hybrid CAN 发生 BusOff 故障	
U007387	hybrid CAN 发生 Timeout 故障	
P064300	VDD30 电压过压故障	
P064200	VDD30 电压欠压故障	
P065300	VDD5G1 电压过压故障	
P065200	VDD5G1 电压欠压故障	
P0A1B47	看门狗故障	
P140000	被动放电超时故障	更换 PEU 硬件
P1C0001	主动短路不合理故障	
P150500	检测 IGBT 开路是否成功	
P0C5300	sine/cosine 输入信号消波故障	
P0C511C	sine/cosine 输入信号超过电压阈值	
P0C5200	sine/cosine 输入信号低于电压阈值	
P0A4429	跟踪误差超过阈值	
P170900	输入转速信号超过芯片最大跟踪速率	

故障代码	故障描述	排除方法	
P0C7917	母线电压最大值大于阈值	更换 PEU 硬件	
P130000	看门狗反馈的错误计算器的合理性检测		
P130200	扭矩监控模块的输入部分检查、扭矩计算检查、第一层和第二层扭矩合理性检查、扭矩比较、关断路径等		
P130700	监控层两条独立计算扭矩的路径的计算结果比较		
P0A9000	电流控制不合理故障	更换 PEU 硬件	
P0BE500	U 相电流幅值不合理故障		
P0BE800	U 相电流过大故障		
P0BE700	U 相电流过小故障		
P180000	U 相电流中心线偏移量不合理故障		
P0BFD00	三相电流之和不合理故障		
P0BE900	V 相电流幅值不合理故障		
P0BEC00	V 相电流过大故障		
P0BEB00	V 相电流过小故障		
P180100	V 相电流中心线偏移量不合理故障		
P0BED00	W 相电流幅值不合理故障		
P0BF000	W 相电流过大故障		
P0BEF00	W 相电流过小故障		
P180200	W 相电流中心线偏移量不合理故障		
P0C4E99	初始位置标定处于加速阶段，加速至阈值频率的时间超过时间阈值		更换 PEU 硬件
P170000	初始位置标定处于 Fw 阶段，标定停留时间超过时间阈值		
P040100	CAN 所接收的目标工作状态超过定义范围	更换 PEU 硬件	
P062F42	检测 EEPROM 的擦除操作是否可以正确完成		
P062F43	EEPROM 读取不成功故障		
P062F45	EEPROM 写入不成功故障		
U120000	ID 1B6 接收超时	更换 PEU 硬件	
U120100	ID 1B6 长度错误		
U120200	ID 1B6 校验和错误		
U120300	ID 1B6 循环计数错误		
P150700	电机超速故障		
P056200	蓄电池电压欠压故障		
P1C1400	蓄电池电压不合理故障		
U120400	ID 1CA 接收超时		
U120500	ID 1CA 长度错误	更换 PEU 硬件	
U120600	ID 1CA 校验和错误		
U120700	ID 1CA 循环计数错误		
U120800	ID 364 接收超时		
U120900	ID 364 长度错误		
U120A00	ID 364 校验和错误		
U120B00	ID 364 循环计数错误		
P170100	offset 角不合理故障		更换 PEU 硬件
P170200	offset 角状态无效故障		

故障代码	故障描述	排除方法
P0A9300	冷却水过温故障	更换 PEU 硬件
P0AEF00	U 相 IGBT 温度值大于阈值	
P0AF000	U 相 IGBT 温度值小于阈值	
P0AED00	U 相 IGBT 温度值与 V 和 W 相之差大于阈值	
P0AF400	V 相 IGBT 温度值大于阈值	
P0AF500	V 相 IGBT 温度值小于阈值	
P0AF200	V 相 IGBT 温度值与 V 和 W 相之差大于阈值	
P0BD300	W 相 IGBT 温度值大于阈值	
P0BD400	W 相 IGBT 温度值小于阈值	
P0BD100	W 相 IGBT 温度值与 V 和 W 相之差大于阈值	
P190000	IGBT 过温故障	
P0A2C00	定子温度最大值超过阈值	更换 PEU 硬件
P0A2D00	定子温度最小值小于阈值	
P0A2B00	定子温度过温故障	
P0A2B01	定子温度不合理故障	更换 PEU 硬件
P1C0513	DFW 时钟不合理故障	
P0A8E00	12V 电压传感器值大于设定值	
P0A8D00	12V 电压传感器值小于设定值	更换 PEU 硬件
P056300	蓄电池电压过压故障	
P0C7600	主动放电超时	
U110000	ID 230 BMS_General 帧超过一段时间	更换 PEU 硬件
U110100	ID 230 BMS_General DLC 长度错误	
U110200	ID 230 BMS_General 校验和错误	
U110300	ID 230 BMS_General 循环计数错误	
U110400	ID 2A6 帧接收超过一段时间	
U110500	ID 2A6 长度错误	

(2) 电机控制器低压供电回路故障

1) 故障代码说明

P056300 蓄电池电压过压故障

P056200 蓄电池电压欠压故障

P113600 低压端输出与蓄电池连接断开故障

2) 检测步骤

① 检查蓄电池电压

操作启动开关使电源模式至 OFF 状态，用万用表测量蓄电池电压应为 11-14V，否则更换蓄电池或为蓄电池充电。

② 启动开关使电源模式至 OFF 状态下检查电机控制器保险丝 IF18、EF32 和蓄电池正极柱头保险丝是否熔断。

③ 检查电机控制器电源电压

操作启动开关使电源模式至 OFF 状态，断开电机控制器线束连接器 BV11，再操作启动开关使电源模式至 ON 状态。用万用表测量电机控制器线束连接器 BV11 端子 25、26 和车身接地之间的电压值应为 11-14V，否则修理或更换线束。

④ 检查电机控制器接地电阻

操作启动开关使电源模式至 OFF 状态，断开电机控制器线束连接器 BV11，用万用表测量电机控制器线束连接器 BV11 端子 1、11 和车身接地之间的电阻应小于 1Ω，否则修理或更换线束。

⑤检查检测 DC 与蓄电池之间的线路

操作启动开关使电源模式至 OFF 状态，断开蓄电池负极电缆，断开电机控制器线束连接器 BV12，断开蓄电池正极电缆。用万用表测量电机控制器线束连接器 BV12 端子 1 和蓄电池正极电缆之间的电阻应小于 $1\ \Omega$ ，否则修理或更换线束。

(3) 电机控制器高压供电回路故障

1) 故障代码说明

P114D00 高压端过压检测

2) 检测

通过数据流读出数值，对比 BMS 上报的母线电压，与电机控制器上报的母线电压，判断两者的电压相差是否过大，如果不过大，系统正常，如果过大，更换 PEU。

(4) 电机控制器通讯故障

1) 首先使用故障诊断仪读取故障代码，如有故障码则按故障码进行检修。

2) 如无故障码，则检查相关控制器电源及接地电路及电源保险丝。

3) 检查电机控制器的通讯线路

操作启动开关使电源模式至 OFF 状态，断开电机控制器线束连接器 BV1。用万用表测量电机控制器线束连接器 BV11 端子 21 和诊断接口 IP19 端子 11 之间的电阻及电机控制器线束连接器 BV11 端子 20 和诊断接口 IP19 端子 3 之间的电阻应小于 $1\ \Omega$ ，否则修理或更换线束。

4) 进行 P-CAN 网络完整性检查

操作启动开关使电源模式至 OFF 状态，用万用表测量终端接口 IP19 端子 3 和端子 11 之间的电阻值应为 $55\sim 67.5\ \Omega$ ，否则排除 P-CAN 网络不完整故障。

5) 以上检查均无问题，则更换电机控制器。

(5) 驱动电机旋变信号故障

1) 故障代码说明

P0C5300 sine/cosine 输入信号消波故障

P0C511C sine/cosine 输入信号超过电压阈值

P0C5200 sine/cosine 输入信号低于电压阈值

P0A4429 跟踪误差超过阈值

P170900 输入转速信号超过芯片最大跟踪速率

P150700 电机超速故障

P171000 角度跳变故障

P171100 信号失配错误

P171200 配置错误

P171300 奇偶校检错误

P171400 锁相错误

2) 检测

①检测电机旋变的正弦、余弦、励磁电阻值。

电机旋变的正弦、余弦、励磁电阻正常值如下

余弦： $14.5\pm 1.5\ \Omega$ 。

正弦： $13.5\pm 1.5\ \Omega$ 。

励磁： $9.5\pm 1.5\ \Omega$ 。

②检测驱动电机旋变信号屏蔽线路

操作启动开关使电源模式至 OFF 状态，断开车载充电器直流母线，操作启动开关使电源模式至 ON 状态，断开电机控制器线束连接器 BV11。用万用表测量电机控制器线束连接器 BV11 的 1 号、11 号端子与车身接地之间的电阻应 $1\ \Omega$ ，否则修理或更换线束。

③检测驱动电机余弦旋变信号、正弦旋变信号、励磁旋变信号线路

操作启动开关使电源模式至 OFF 状态，操作启动开关使电源模式至 ON 状态，断开驱动电机线束连接器 BV13，断开电机控制器线束连接器 BV11，用万用表测量 BV13、BV11 端子，余弦旋变信号、正弦旋变信号、励磁旋变信号正确的数据如表 4-6-12、4-6-13、4-6-14 所示。

表 4-6-12 电机控制器与电机端子测量（余弦信号）

测量位置 A	测量位置 B	测量标准值
BV13-7	BV11-16	标准电阻：小于 1 Ω
BV13-8	BV11-23	
BV13-7	BV13-8	标准电阻：10k Ω 或更高
BV13-7	车身接地	
BV13-8	车身接地	
BV13-7	车身接地	标准电压：0V
BV13-8	车身接地	

表 4-6-13 电机控制器与电机端子测量（正弦信号）

测量位置 A	测量位置 B	测量标准值
BV13-9	BV11-17	标准电阻：小于 1 Ω
BV13-10	BV11-24	
BV13-9	BV13-10	标准电阻：10k Ω 或更高
BV13-9	车身接地	
BV13-10	车身接地	
BV13-9	车身接地	标准电压：0V
BV13-10	车身接地	

表 4-6-14 电机控制器与电机端子测量（励磁信号）

测量位置 A	测量位置 B	测量标准值
BV13-11	BV11-22	标准电阻：小于 1 Ω
BV13-12	BV11-15	
BV13-11	BV13-12	标准电阻：10k Ω 或更高
BV13-11	车身接地	
BV13-12	车身接地	
BV13-11	车身接地	标准电压：0V
BV13-12	车身接地	

④以上检测正常则更换电机控制器。

（6）电机过温故障

1) 故障代码说明

P0A9300 冷却水过温故障

P0A2C00 定子温度最大值超过阈值

P0A2D00 定子温度最小值小于阈值

2) 检测

①在启动开关使电源模式至 ON 状态，连接故障诊断仪，读取系统故障代码，如有故障码，先排除故障码。

②检查冷却液是否充足，检查管路无弯曲、折叠、漏水现象。

③启动开关使电源模式至 ON 状态，确认冷却水泵是否正常工作。

④检测驱动电机信号屏蔽线路

操作启动开关使电源模式至 OFF 状态，断开蓄电池负极电缆，断开车载充电机处直流母线，操作启动开关使电源模式至 ON 状态，断开电机控制器线束连接器 BV11。用万用表测量电机控制器线束连接器 BV11 的 1 号、11 号端子与车身接地之间的电阻应小于 1 Ω，否则修理或更换线束。

⑤检查电机温度传感器 1、电机温度传感器 2 自身的阻值

-40℃时，正常电阻阻值约为 $241 \pm 20 \Omega$ ；

20℃时，正常电阻阻值 $13.6 \pm 0.8 \Omega$ ；

85℃时。正常电阻阻值约为 $1.6 \pm 0.1 \Omega$ ；

阻值随温度升高而降低，阻值随温度降低而升高。

⑥检查电机温度传感器 1、电机温度传感器 2 线路

操作启动开关使电源模式至 OFF 状态，操作启动开关使电源模式至 ON 状态，断开驱动电机线束连接器 BV13，断开电机控制器线束连接器 BV11，用万用表测量 BV13、BV11 端子，电机温度传感器 1、电机温度传感器 2 正确的数据如表 4-6-15、4-6-16 所示。

表 4-6-15 电机控制器与电机端子测量（电机温度传感器 1）

测量位置 A	测量位置 B	测量标准值
BV13-1	BV11-7	标准电阻：小于 1Ω
BV13-2	BV11-6	
BV13-1	BV13-2	标准电阻：10kΩ 或更高
BV13-1	车身接地	
BV13-2	车身接地	
BV13-1	车身接地	标准电压：0V
BV13-2	车身接地	

表 4-6-16 电机控制器与电机端子测量（电机温度传感器 2）

测量位置 A	测量位置 B	测量标准值
BV13-3	BV11-5	标准电阻：小于 1Ω
BV13-4	BV11-13	
BV13-3	BV13-4	标准电阻：10kΩ 或更高
BV13-3	车身接地	
BV13-4	车身接地	
BV13-3	车身接地	标准电压：0V
BV13-4	车身接地	

⑦以上检测正常则更换电机控制器。

(7) 驱动电机三相线束故障

1) 故障代码说明

P0A9000 电流控制不合理故障

2) 检测

操作启动开关使电源模式至 OFF 状态，B 断开蓄电池负极电缆，断开驱动电机三相线束连接器 BV19，断开 PEU 三相线束连接器 BV18。

①检测驱动电机三相线束是否相互短路故障

用万用表对 BV19-1、BV19-2、BV19-3 两两测量，阻值应 20kΩ 或更高。

②检测驱动电机三相线束断路故障

用万用表测量 BV19-1 和 BV18-1、BV19-2 和 BV18-2、BV19-3 和 BV18-3 之间阻值，应小于 1Ω。

③检测驱动电机三相线对地短路故障

用万用表测量 BV19-1、BV19-2、BV19-3 与地面之间的阻值，应 20kΩ 或更高。

④如以上测量均正常，则更换电机控制器。

四、冷却系统

1. 功能作用

驱动电机转子高速旋转会产生高温，热量通过机体传递，如果不加以降温，驱动电机无法正常工作，所以驱动电机机体内设置有冷却液道，通过冷却液的循环与外界进行热交换。这样能将驱动电机的工作温度保持在一定范围内，防止驱动电机过热。

车载充电机（如配备）工作时将高压交流电转化成高压直流电，其转化过程中会产生大量的热量，因此车载充电机内部也有冷却液道，通过冷却液的循环降低车载充电机的工作温度。

电机控制器不但控制驱动电机的高压三相供电，还要将动力电池的高压直流电转化成低压直流电为铅酸蓄电池充电。在此过程中会产生热量，需要通过冷却液循环散热。

高压电池工作电流大，产热量大，同时电池包处于一个相对封闭的环境，就会导致电池的温度上升。通过冷却液的循环降低动力电池的工作温度。

帝豪 EV300 冷却系统的作用就是通过冷却液循环散热为驱动电机、车载充电机（如配备）、电机控制器这三大部件进行散热。

2. 组成

帝豪 EV300 冷却系统由电机控制器、车载充电机（如配备）、驱动电机、高压电池、驱动电机冷却水泵、高压电池冷却水泵、膨胀罐、散热器、散热器风扇、整车控制器、热管理控制模块、相关管路等组成，部件位置如图 4-6-26 所示，冷却循环如图 4-6-27 所示。

(1) 冷却水泵

冷却系统（电机/电池）有两个电动水泵，电动水泵由低压电路驱动，为冷却液的循环提供压力。在电动水泵的驱动下冷却液在管路中的流动。

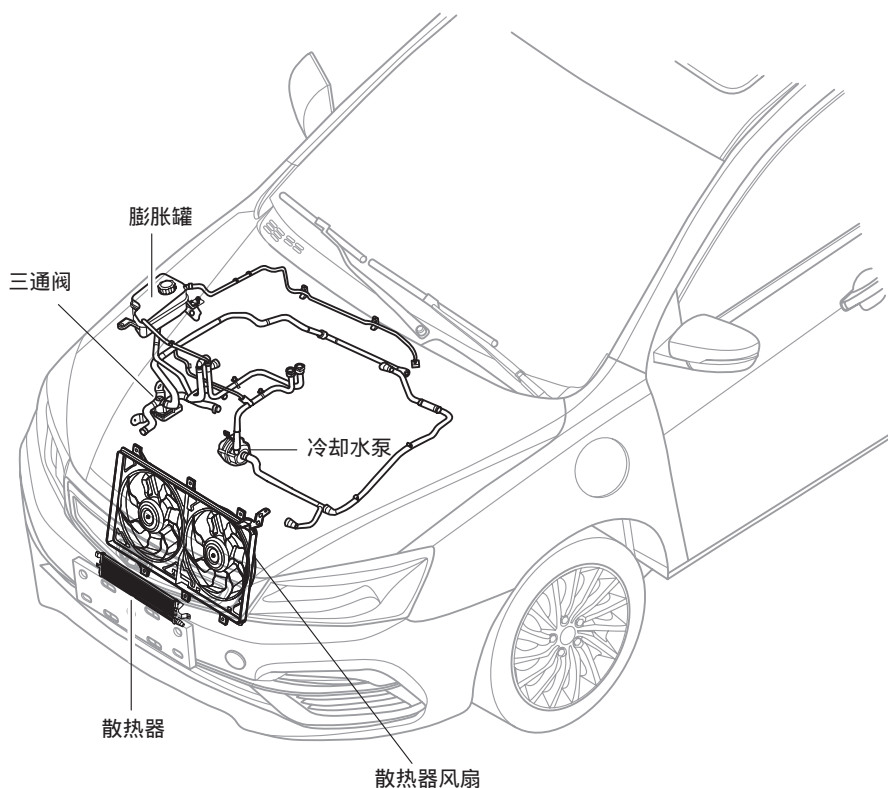


图 4-6-26 冷却系统部件位置

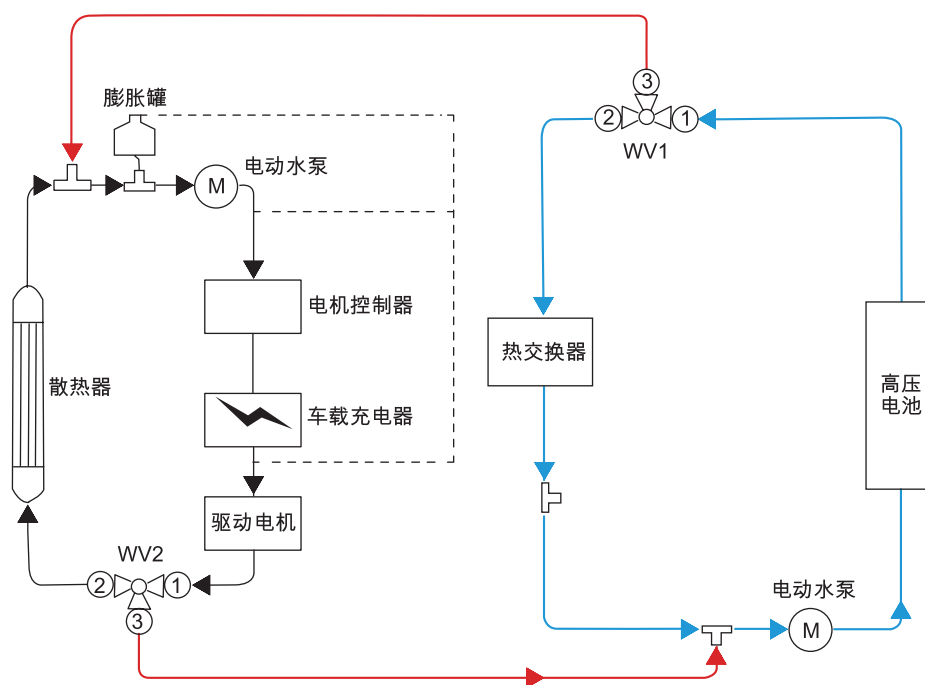


图 4-6-27 冷却系统循环图

冷却电动水泵将水泵、电机、水泵电机控制器集成于一体，如图 4-6-28 所示。电机控制器通过接收相应控制模块的占空比信号对电机的转速进行控制，其中电机电动水泵由 VCU 进行控制其电路如图 4-6-29 所示，电池电动水泵由自动空调系统通过总线接收 BMS 的信号进行控制，其电路如图 4-6-30 所示。

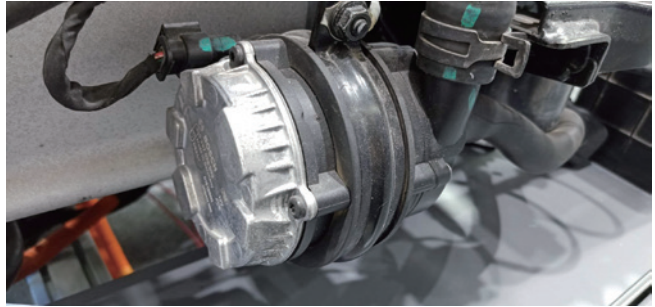


图 4-6-28 电动水泵

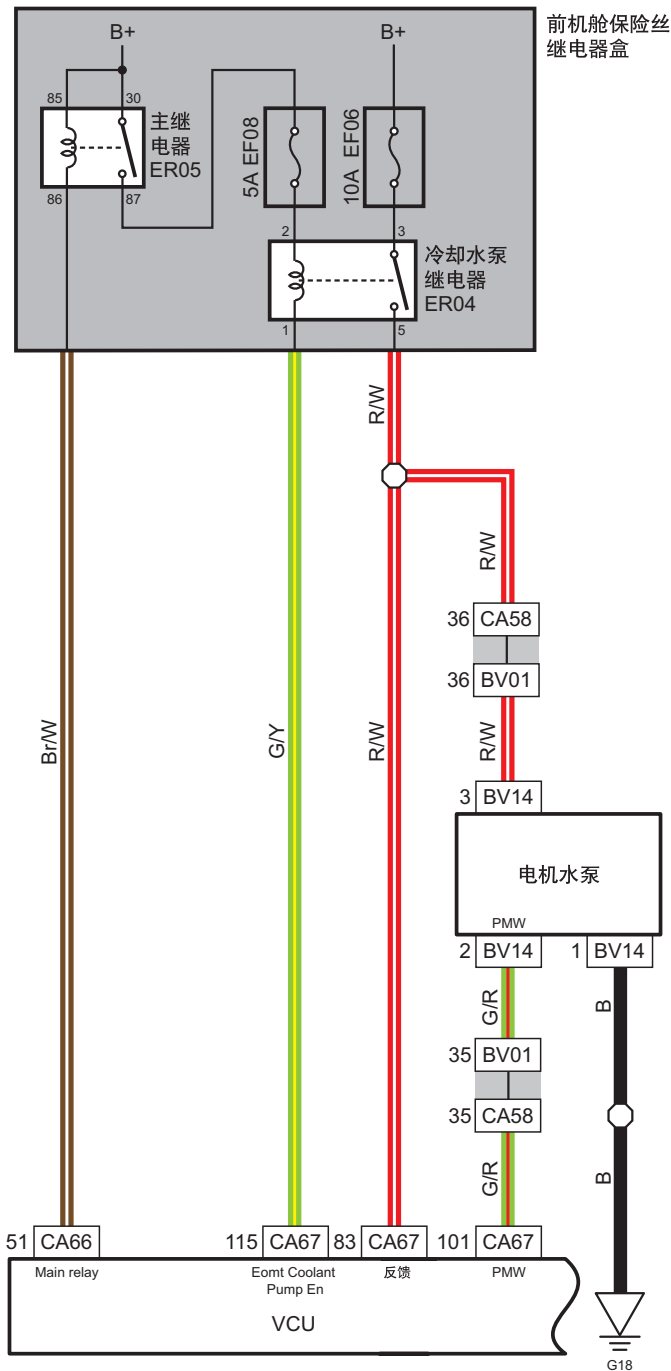


图 4-6-29 电机电动水泵电路

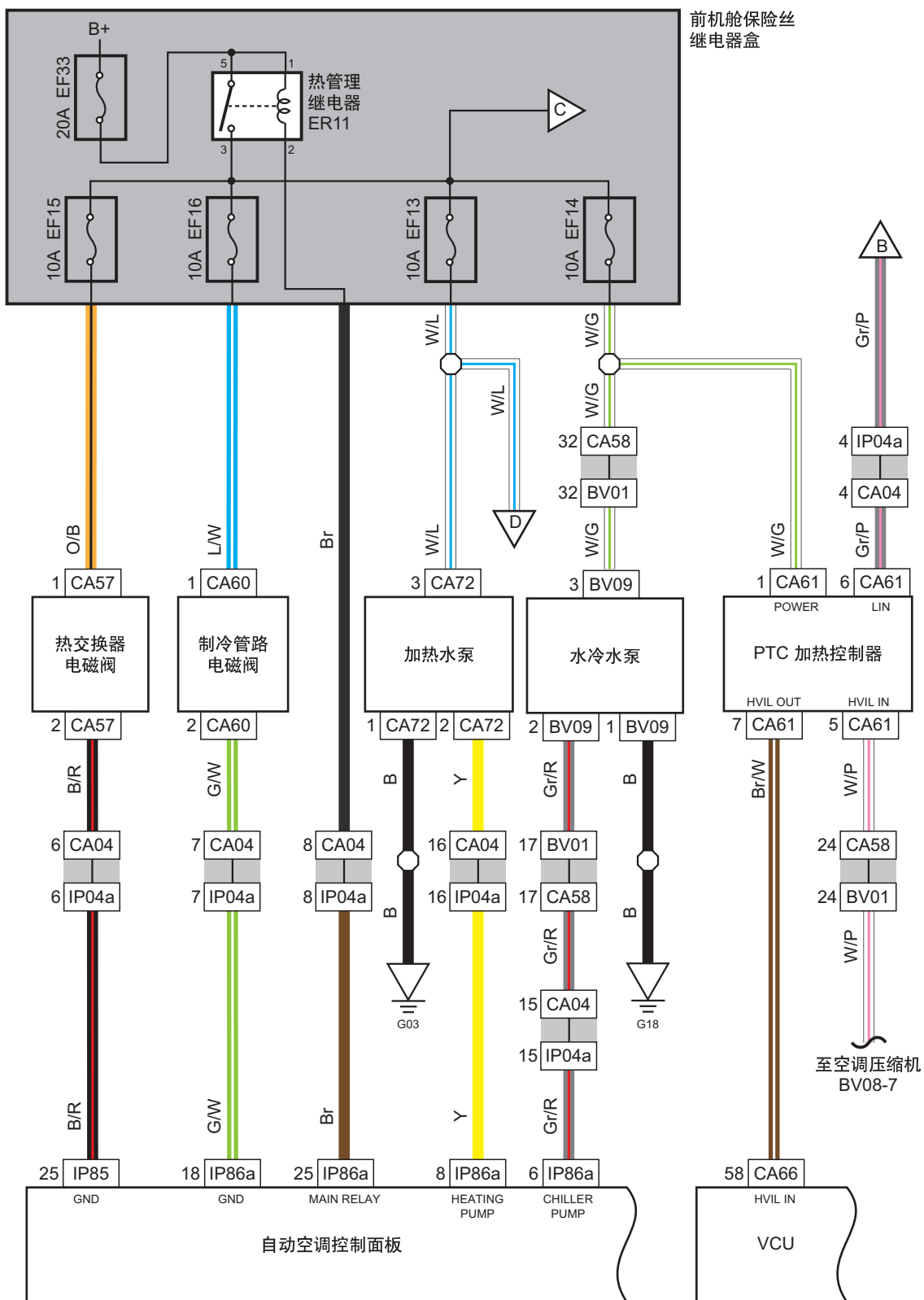


图 4-6-30 热交换电路

(2) 膨胀罐

膨胀罐总成是一个透明塑料罐，类似于前风窗玻璃清洗剂罐。膨胀罐总成通过水管与散热器连接。随着冷却液的温度逐渐升高并膨胀。部分冷却液因膨胀而从车载充电器中流入膨胀罐总成。散热器和液道中滞留的空气也被排入膨胀罐总成。

车辆停止后，冷却液自动冷却并收缩，先前排出的冷却液则被吸回散热器。从而，使散热器中的冷却液一直保持在合适的液面，并提高冷却效率。

当冷却系统处于冷态时，冷却液面应保持在膨胀罐总成上的 L (最低) 和 F (最高) 标记之间。

(3) 冷却风扇

冷却风扇总成安装在机舱内散热器的后部，它可增加散热器和空调冷凝器的通风量，从而有助于加快车辆低速行驶时的冷却速度。风扇采用双风扇，高低速的控制模式，通过两个不同的电机驱动扇叶。

冷却风扇由整车控制模块 (VCU) 利用冷却风扇低速继电器和冷却风扇高速继电器直接控制，在低速电路中，采用串联调速电阻的方式来改变风扇的转速，其电路如图 4-6-31 所示。

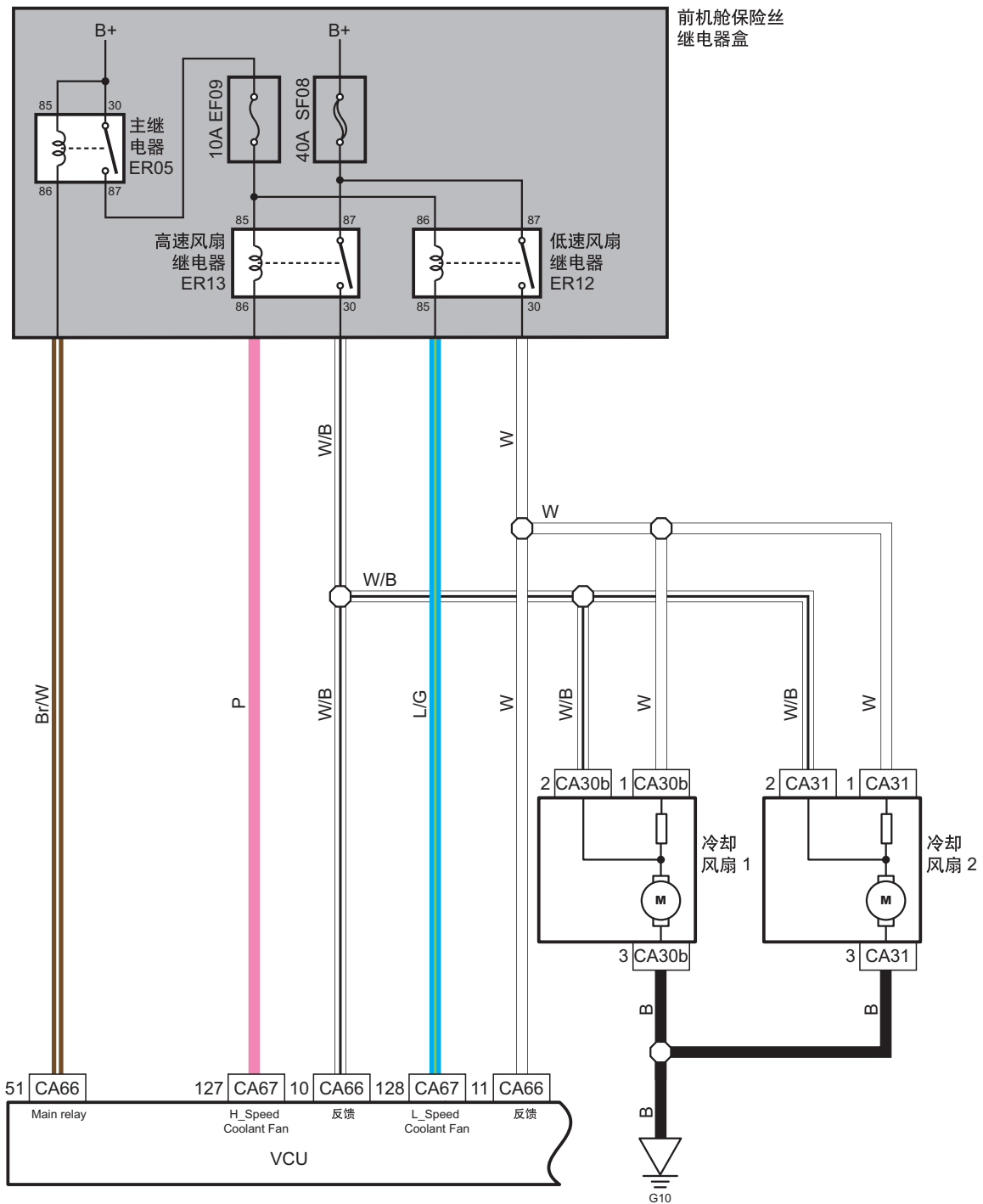


图 4-6-31 冷却风扇电路

(4) 三通电磁阀

由冷却系统循环图可以看出，电机和电池冷却水路的更换由两个三通电磁阀（WV1 和 WV2）进行控制，电磁阀电路图如图 4-6-30、4-6-32 所示。三通电磁阀及三通阀门、电磁线圈、控制器于一体，其通过与 PTC 控制器控制 LIN 线对电磁阀的位置进行控制。

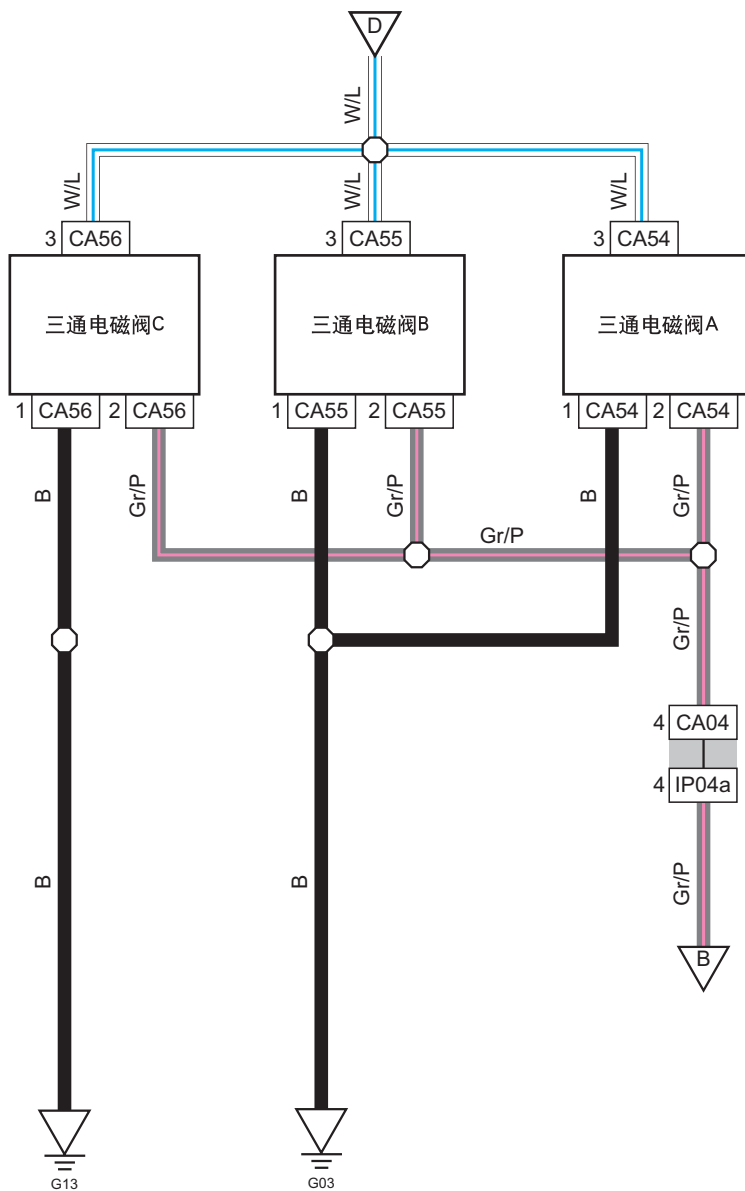


图 4-6-32 三通电磁阀电路

(5) 热交换器

热交换器是为了更好的实现高压电池的热管理，如图 4-6-33 所示，其内部可以实现 PTC 加热与高压电池的热量转换、及空调系统制冷系统与高压电池热量的转换。

热交换器和 PTC 系统的连接如图 4-6-34 所示，PTC 冷却水路的转换由其内部的三通电磁阀 WV3 进行控制，电路如图 4-6-32 所示。

热交换器和空调制冷系统的连接如图 4-6-35 所示，空调制冷系统的制冷剂进入热交换器由电磁阀进行控制，电路如图 4-6-30 所示。

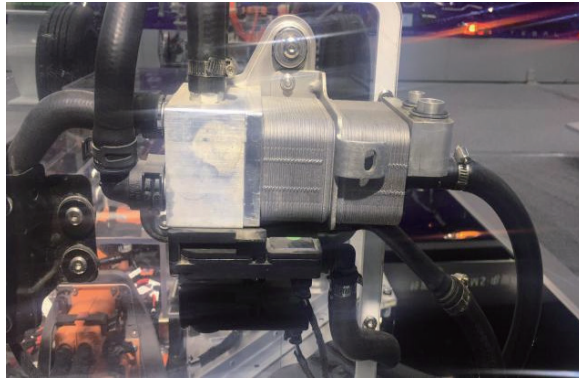


图 4-6-33 热交换器

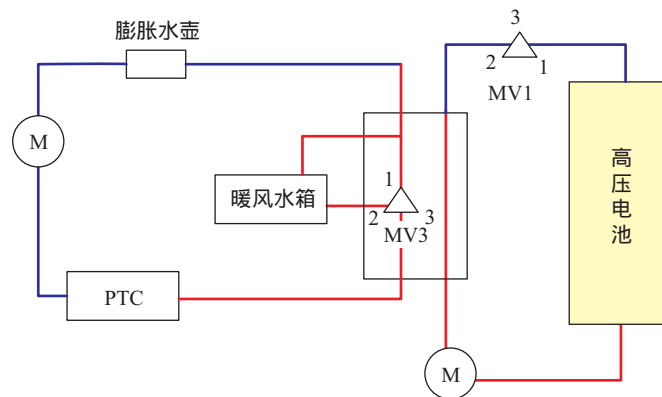


图 4-6-34 热交换器和 PTC 系统的连接

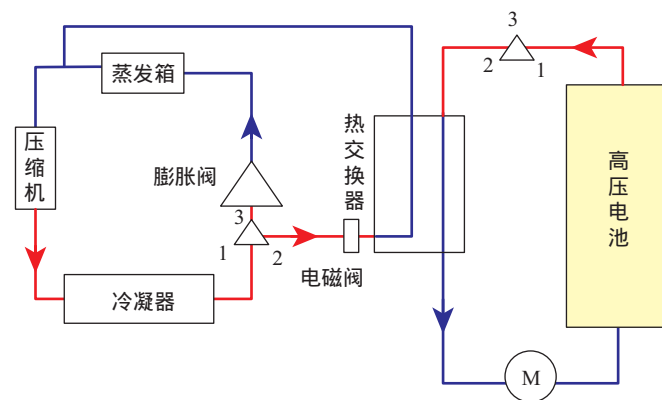


图 4-6-35 热交换器和空调制冷系统的连接

3. 冷却原理

(1) 电机冷却原理

当需要对电机控制器、车载充电器、驱动电机进行冷却时，三通电磁阀 WV2 的 1、2 号口导通，同时根据温度信息控制电动水泵的转速，使冷却液按散热器→电动水泵→电机控制器→车载充电器→驱动电机→散热器的方向流动，同时根据温度的信息控制散热风扇的转速。

(2) 电池冷却原理

当电池组温度低时，PTC 工作加热，同时，PTC 水泵运转，三通电磁阀 WV3 的 1、3 号口接通，

使冷却液经过 PTC →热交换器→膨胀水箱→电机→PTC 沟通回路，使热交换器温度升高。同时，电三通电磁阀 WV3 的 1、2 号口接通，电池电动水泵运转，使冷却液从热交换器→电池电机水泵→电池→热交换器沟通回路，将热交换器中的热量带入电池。

当电池温度升高时，三通电磁阀 WV2 的 2、3 号口导通，同时根据温度信息控制电池电动水泵的转速，使冷却液按散热器→电池→驱动电机→冷却液按散热器的方向流动，同时根据温度的信息控制散热风扇的转速。

当电池温度较高时，空调制冷系统开启，通过电磁阀将制冷剂喷入热交换器，使热交换器温度下降，同时，电三通电磁阀 WV3 的 1、2 号口接通，电池电动水泵运转，使冷却液从热交换器→电池电机水泵→电池→热交换器沟通回路，在热交换器中将电池中的热量进行冷却。

4. 冷却系统故障分析

(1) 冷却风扇低速档不运转

检测步骤如下：

- 1) 检查保险丝 EF09、SF08 是否正常。
- 2) 检查冷却风扇低速继电器（可以采用与高速继电器更换的方法进行检测）。
- 3) 检查整车控制器电源、接地是否正常。
- 4) 检查散热器风扇电源接地电路是否正常。
- 5) 检查散热低速继电器与散热器风扇之间的电路。
- 6) 通过冷却电机电机插头的 1、2 号端子检查冷却电机及电阻的是否正常。
- 7) 检查散热低速继电器与整车控制器之间的电路。
- 8) 以上都没有问题，更换整车控制器。

(2) 电动水泵不工作

检测步骤如下：

- 1) 使用故障诊断仪读取故障代码，如有故障码，按故障码进行诊断。
- 2) 读取电机、控制器、车载充电器的温度信息，若信息不正常则检修传感器或控制器、车载充电器。
- 3) 检测整车控制器及空调控制器的电源及接地是否正常。
- 4) 检测水泵的电源及接地线是否正常。
- 5) 检测水泵控制线路是否正常。
- 6) 若以上正常，则更换水泵。
- 7) 若更换水泵后依然存在故障，则依次更换空调控制器、整车控制器。



第七节 轮毂电机

轮毂电机顾名思义，把电机装进轮毂里，将车子的“动力系统、传动系统、刹车系统”集成到了一起。轮毂电机省略大量传动部件，让车辆结构更简单，可实现多种复杂的驱动方式。但需要精确控制每个车轮的转速，这就需要对电机精密控制。

一、结构形式

轮毂电机驱动系统根据电机的转子型式主要分成两种结构型式：和内转子式外转子式。

1. 外转子式

外转子式结构如图 4-7-1 所示。

其中外转子式采用低速外转子电机，外转子电机原理如图 4-7-2 所示。电机的最高转速在 1000-1500r/min，无减速装置，车轮的转速与电机相同。

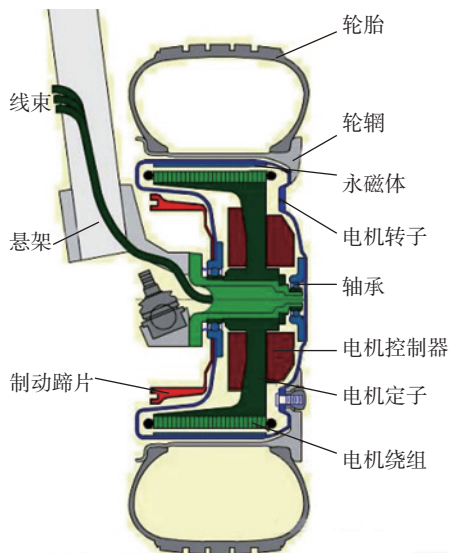


图 4-7-1 外转子式轮毂电机结构

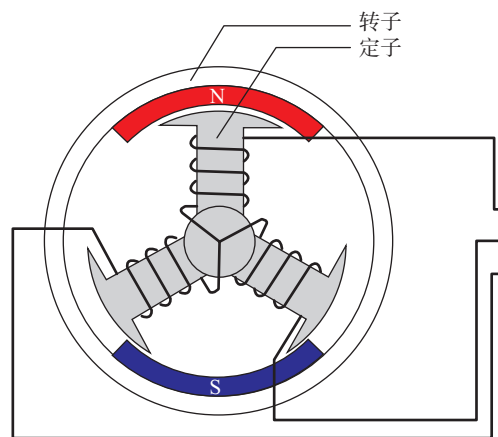


图 4-7-2 外转子电机原理图

2. 内转子式

内转子式则采用高速内转子电机，如图 4-7-3 所示。配备固定传动比的减速器，为获得较高的功率密度，电机的转速可高达 10000r/min。随着更为紧凑的行星齿轮减速器（如图 4-7-4）的出现，内转子式轮毂电机在功率密度方面比低速外转子式更具竞争力。



图 4-7-3 内转子式轮毂电机结构

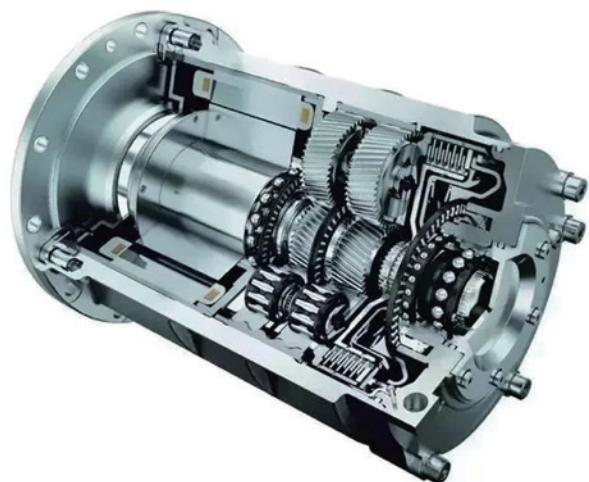


图 4-7-4 行星齿轮减速器

二、轮毂电机的控制

以下以双轮驱动型轮毂电机控制为例说明轮毂电机的控制原理。

双轮驱动型轮毂电机控制系统如图 4-7-5 所示，主要由电机控制、再生制动控制、高压电池管理、双轮驱动控制、人机交互等组成。

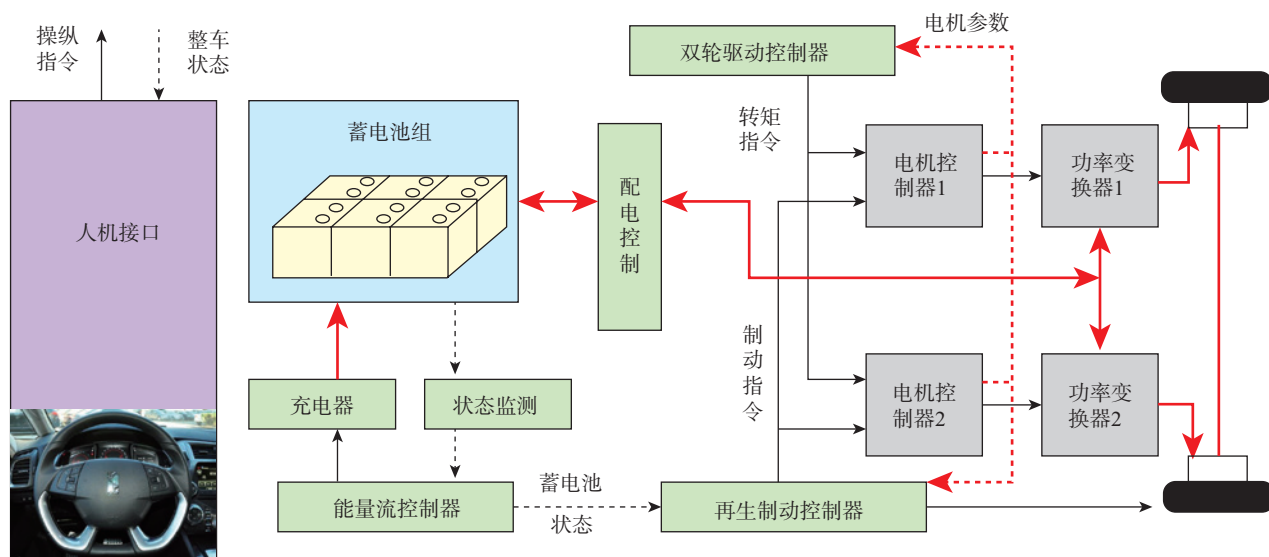


图 4-7-5 双轮驱动型轮毂电机控制系统图

相对差速器电动汽车而言，双轮驱动型轮毂电机增加了双轮驱动控制。双轮驱动控制框架如图 4-7-6 所示，其原理左右轮转速估算出其加速度、再根据行车速度进行车轮路面接触情况判别，然后根据转向轮方向角、电机当前状态等信号对驱动轮电机的输出转矩实时调节，以达到改善整车动力学性能和节约能源的双重目的。

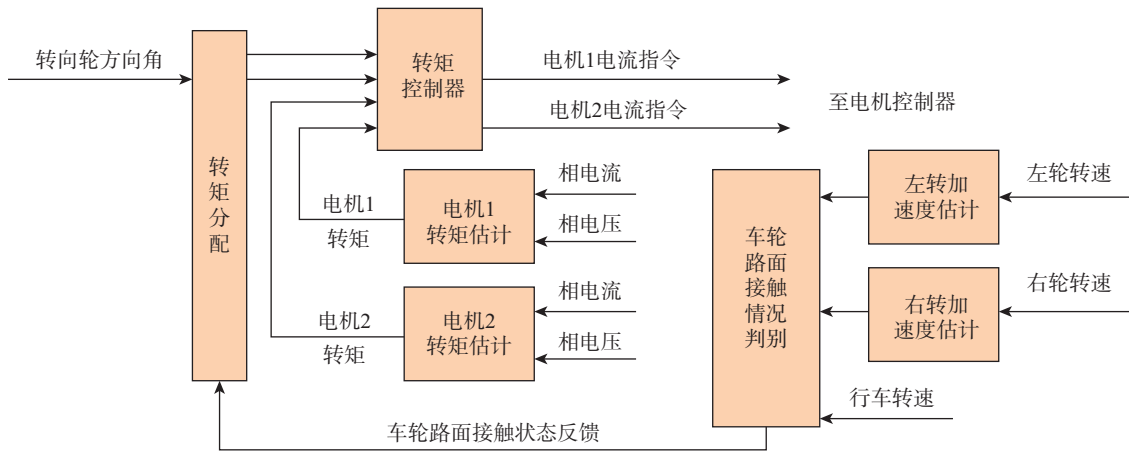


图 4-7-6 双轮驱动控制框架

三、轮毂电机的缺点

由于将精密的电机放到轮毂上，因此，电机要经受长期剧烈上下振动及恶劣的工作环境（水、尘等）。由于轮毂部分是交通事故中很容易受损的部位，因此维修成本偏高。另外由于电机和制动都会产生热量，因此存在散热问题。

第5章

低压电路



1. 了解电动汽车低压电路基本组成
2. 掌握 DC-DC 工作原理
3. 掌握电动汽车低压电池控制方式
4. 掌握常见电动汽车 DC-DC 与低压电源控制原理及检测方法
5. 理解车载终端功能
6. 理解汽车总线网络控制方式



第一节 低压电路的组成

电动汽车驱动电机、空调压缩机、PTC 使用高压电源，但这些设备的控制单元需要低压电控制。电动汽车的其他电器诸如灯光、仪表、雨刷、电动转向等电器的工作也是使用的低压电。也就是说电动汽车同时使用高压和低压两种电源，一个是高压电源，一个是低压电源。低压电源为 12V（实际为 14V），与传动汽车相同。低压电由低压电池来提供，如图 5-1-1 所示。



图 5-1-1 低压电池

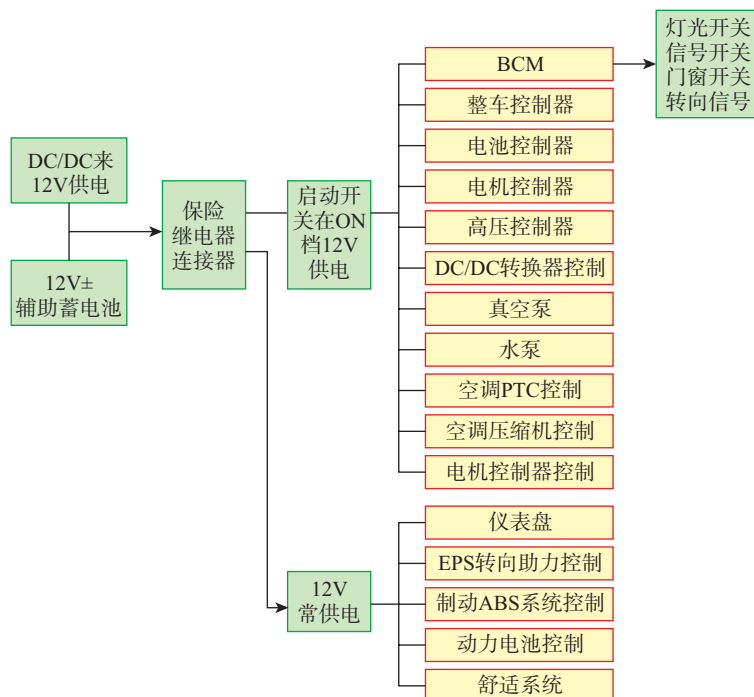


图 5-1-2 典型低压供电方式

电动汽车高压电池能量来自于电网，低压电池的电能则是来自于高压电池通过 DC-DC 变换器变换成的低压电。也就是说，电网的电通过充电系统转化成高压直流电向高压电池充电；高压电池通过 DC-DC 变换器转换成 14V 低压电向低压电池供电。典型低压供电方式如图 5-1-2 所示。

综上所述，电动汽车低压系统由 DC-DC 变换器、低压电池、一些保险、继电器及灯光系统、信号系统、汽车仪表、门窗仪表、转向助力电机、制动真空助力电机、ABS 泵、舒适系统、冷却泵电机、冷却风扇电机、空调伺服电机、整车控制器等低压电器设备及动力电池、高压控制器、DC-DC 变换器控制器、电机控制器、车载充电机控制器等高压电器的控制电脑、传感器及其接触器的线圈组成。

启动点火开关，12V 蓄电池供电，动力电池内部向外供电的控制继电器动作，动力电池向电机控制器、空调压缩电机、空调 PTC 恒温加热提供高压直流电源。同时向 DC-DC 转换器供电，DC-DC 转换器（高压直流变 12V 低压直流）工作，可以向 12V 蓄电池充电、并通过保险继电器盒以及相应的控制开关，向灯光系统、信号系统、门窗开关、转向助力电机、制动真空助力电机、ABS 泵、舒适系统、冷却泵电机、冷却风扇电机等供电。



第二节 DC-DC 变换器与低压电池

电源变换器可分为直流/直流 (DC-DC) 变换、直流/交流 (DC-AC) 变换和交流/直流 (AC-DC) 变换。DC-DC 变换器是表示在直流电路中将一个电压值的电能变换为另一个电压值的电能的装置, 它分为降压 DC-DC 变换器、升压 DC-DC 变换器以及双向 DC-DC 变换器。

在纯电动汽车中主要采用降压 DC-DC 变换器, 用来将高压电池电压转化成 14V 低压电。

一、DC-DC 功能

DC-DC 变换器主要实现以下功能。

1. 驱动直流电机

在小功率直流电机驱动的转向、制动等辅助系统中, 一般直接采用 DC-DC 电源变换器供电。

2. 向低压设备供电

向电动汽车中的各种低压设备如车灯等供电。

3. 给低压蓄电池充电

在电动汽车中, 需要高压电源通过降压型 DC-DC 变换器给低压蓄电池充电。

二、DC-DC 变换器电路

根据是否使用隔离变压器, DC-DC 变换器可分为非隔离式 DC-DC 变换器和隔离式 DC-DC 变换器。

1. 非隔离式 DC-DC 变换器

非隔离式 DC-DC 变换器一般都有一个开关和一个二极管, 有的可能还会有一个电感和一个电容等储能元件。如图 5-2-1 所示为非隔离式降压型 DC-DC 变换器原理图。

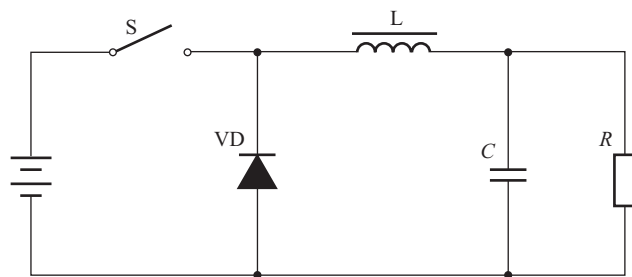


图 5-2-1 非隔离式降压型 DC-DC 变换器原理

当开关闭合时, 高压电池向自感线圈供电, 自感线圈储存能量, 开关断开时, 自感线圈释放电能, 通过二极管沟通放电回路。此时负载 R 两端的电压低于高压电池, 其电压的高低取决于开关的占空比。

2. 隔离式 DC-DC 变换器

隔离式 DC-DC 变换器是首先将高压直流电转化成高压交流电，通过变压器再将高压交流电转化成低压交流电，随后再将低压交流电整流成低压直流电，如图 5-2-2 所示。

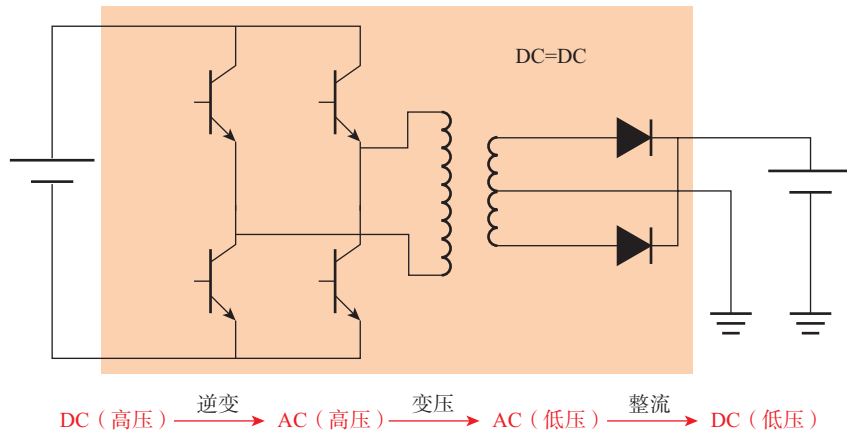


图 5-2-2 隔离式降压型 DC-DC 变换器原理

三、低压电池

低压电池也称辅助电池，与 DC-DC 变换器共同为低压电路供电，当低压电池亏电时，由 DC-DC 变换器为其充电。

一些车型低压电池配有低压电池管理器，其采集低压电池电压、电流、温度信息，计算低压电池的 SOC 值，当 SOC 值低于设定值时，DC-DC 变换器工作，为低压电池补充电能。

当车辆长期存放后，为了避免过多放电，一些车型设置低压电池进入休眠状态，此时智能钥匙将无法实现遥控寻车及车辆解锁功能，这时应启用“唤醒功能”唤醒低压池。

四、DC-DC 变换器控制

DC-DC 变换器用于直接驱动低电压器工作，其转换电能的多少和用电器的用电量及低压电池的 SOC 有关。DC-DC 变换器的控制器通过 CAN 获取大负荷用电器开启和低压电池 SOC 信息，通过内部获取输出电压及电流的信息，以此控制其转化电能的多少。其控制框架如图 5-2-3 所示。

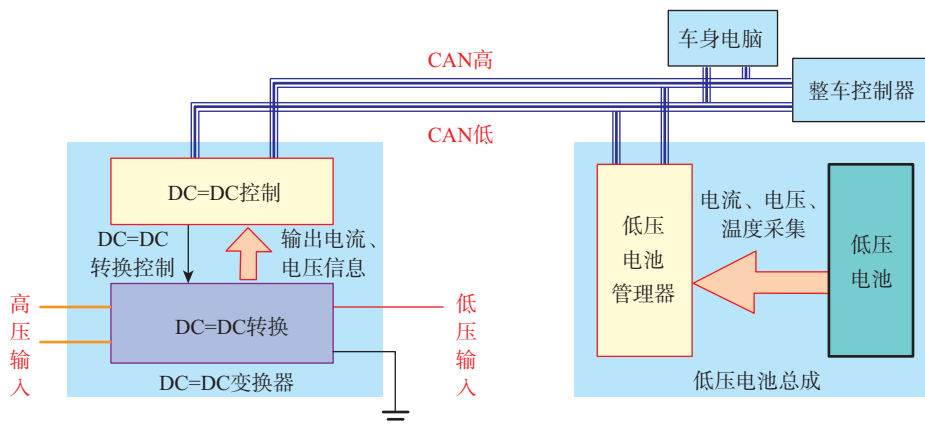


图 5-2-3 DC-DC 变换器控制框架图

DC-DC 变换器除了具备电压转化功能外，还具备高压互锁检测、输出防反接保护、欠压、过压、过温保护等功能。



第三节 常见车型低压电池和 DC-DC 系统

一、北汽低压电池和 DC-DC 系统

北汽低压电池采用铅酸电池，未配备低压电池管理器。

北汽 DC-DC（如图 5-3-1 所示）安装在前机舱内，其将动力电池的高压直流电转换为整车低压 12V 直流电，给整车低压用电系统供电及铅酸电池充电。其端子如图 5-3-2 所示。

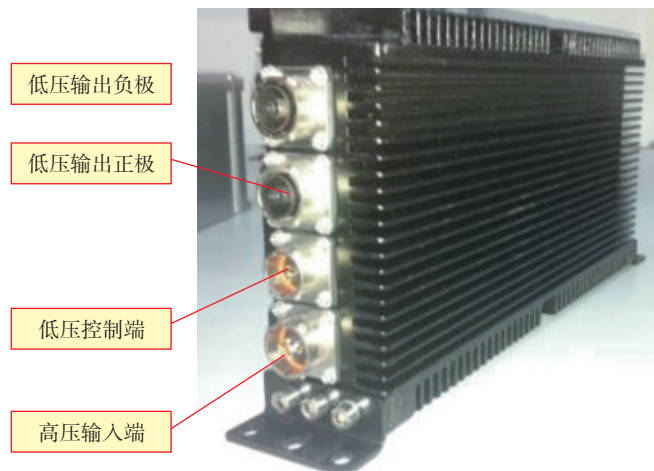


图 5-3-1 北汽 DC-DC

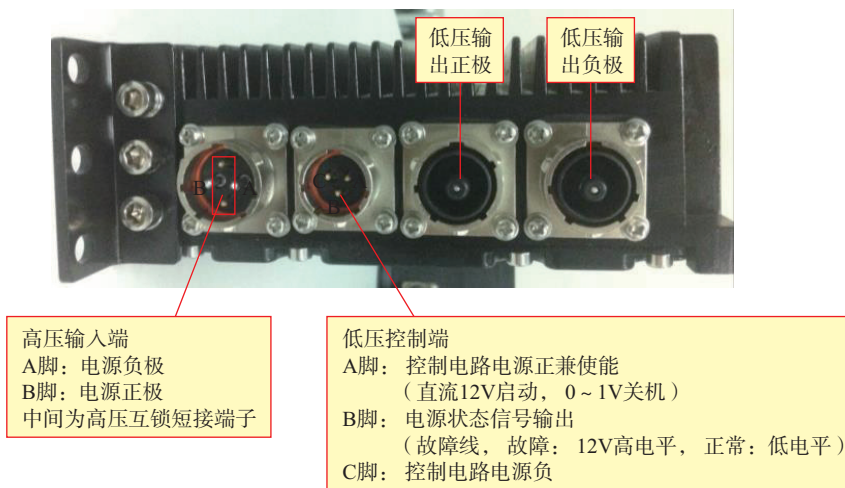


图 5-3-2 北汽 DC-DC 端子

北汽 DC-DC 高压输入范围为 DC290~420V，低压使能输入范围为 DC9~14V。

北汽 DC-DC 变换器工作流程如下：

- (1) 整车 On 档上电或充电唤醒上电
- (2) 动力电池完成高压系统预充电流程
- (3) VCU 发给 DC/DC 变换器使能信号
- (4) DC-DC 变换器开始工作

DC-DC 是否工作的判别方法如下：在保证整车线束正常连接的情况下，上电前使用万用表测量铅酸蓄电池端电压，并记录；整车上 ON 电，继续读取万用表数值，查看变化情况，如果数值在 13.8~14V 之间，判断为 DC 工作。

二、比亚迪低压电池和 DC-DC 系统

1. 低压电池

比亚迪低压电池内部包含电池管理器，其通过通讯口和整车模块交互信息；低压电池有电压、电流和温度监测功能，存在异常状态会触发故障报警功能，当电池故障报警时，仪表上故障指示灯点亮，同时显示“请检查低压电池系统”。

车辆拥有智能充电模式，当低压电池检测到电量偏低时，在安全条件满足的情况下，通过动力电池给启动电池充电。

低压电池具备休眠、唤醒功能。当车辆长期存放后，启动电池可能已进入休眠状态，智能钥匙将无法实现遥控寻车及车辆解锁功能；此时只需将智能钥匙靠近左前车门附近，按下左前门把手的微动开关，即会唤醒低压池。

低压电池内部电路如图 5-3-3 所示，低压电池管理器针脚定义如图 5-3-4 所示，其 6 号针脚为低功耗唤醒机械开关，低压电池处于休眠状态时，通过左前门微动开关拉低，低压 BMS 接通 MOS 管，正极柱接通。

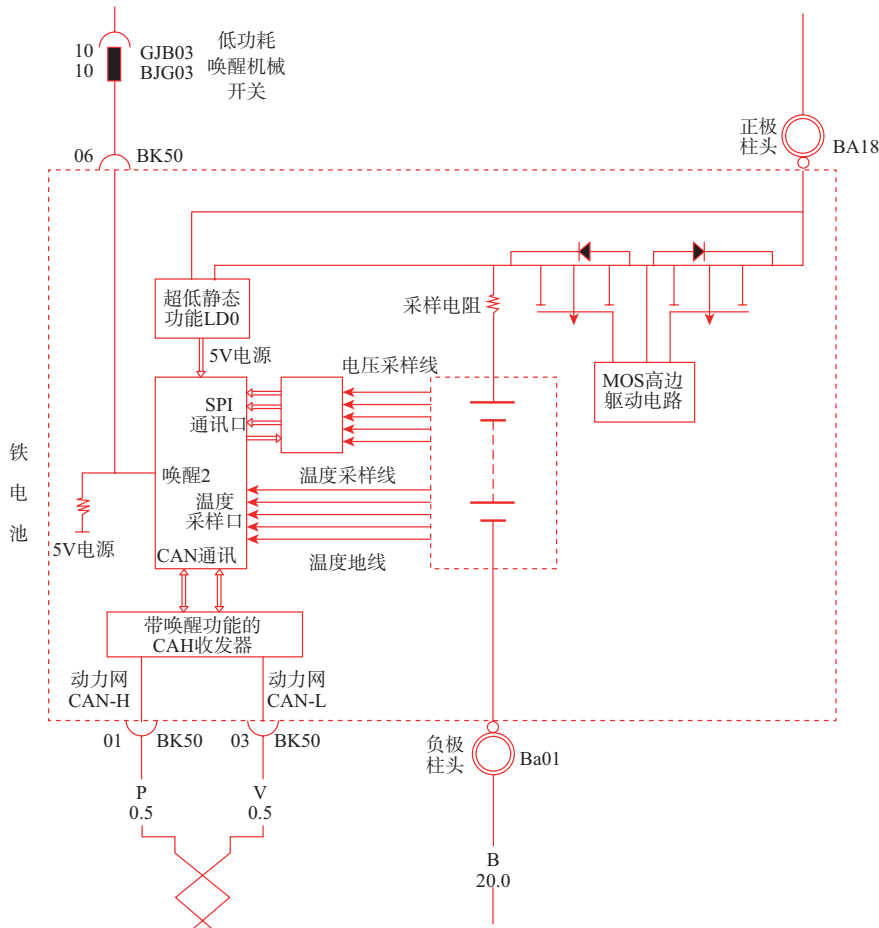
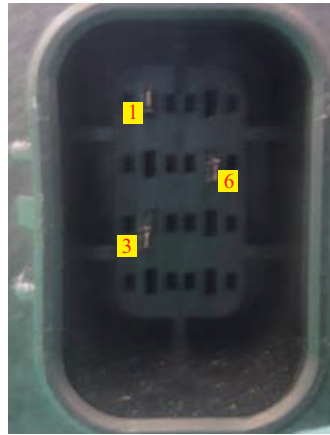


图 5-3-3 低压电池内部电路



- 1 B-CAN_H
- 3 B-CAN_L
- 6 低功耗唤醒机械开关

图 5-3-4 低压电池低压电池管理器针脚定义

低压电池故障码表 5-3-1 所示。

表 5-3-1 低压电池故障码表

DTC	故障描述	可能故障位置
U0111	BMS° 与高压电池管理器失去通讯	高压电池管理器、BMS、线束
U0155	BMS° 与仪表失去通讯	BMS、仪表、线束
U0140	BMS° 与 BCM° 失去通讯	BMS、网关、BCM、线束
U0103	BMS° 与 ECM° 失去通讯	BMS、网关、ECM、线束
B1FB0	充电故障	ECM、DC-DC、BMS
B1FB1	放电故障	ECM、BMS
B1FB2	电源电压过低故障	BMS、DC-DC、线束
B1FB3	电源电压过高故障	BMS、DC-DC（电压过高）
B1FB4	电源电流过大	BMS、铁电池
B1FB5	电源温度过高故障	BMS
B1FB7	智能充电故障	BMS、DC-DC
B1FB8	整车超低功耗故障	BMS
B1FB9	MOS° 失效故障	BMS

2.DC-DC

比亚迪 DC-DC 集成在高压电控总成内，其 DC 直流输出接插件如图 5-3-5 所示，其电路如图 5-3-6 所示。

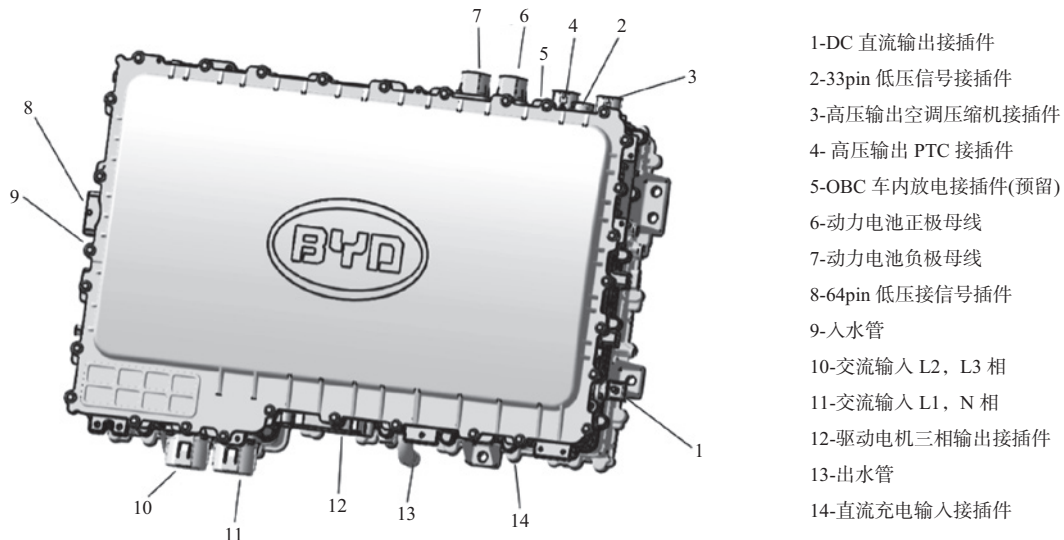


图 5-3-5 比亚迪秦高压电控总成

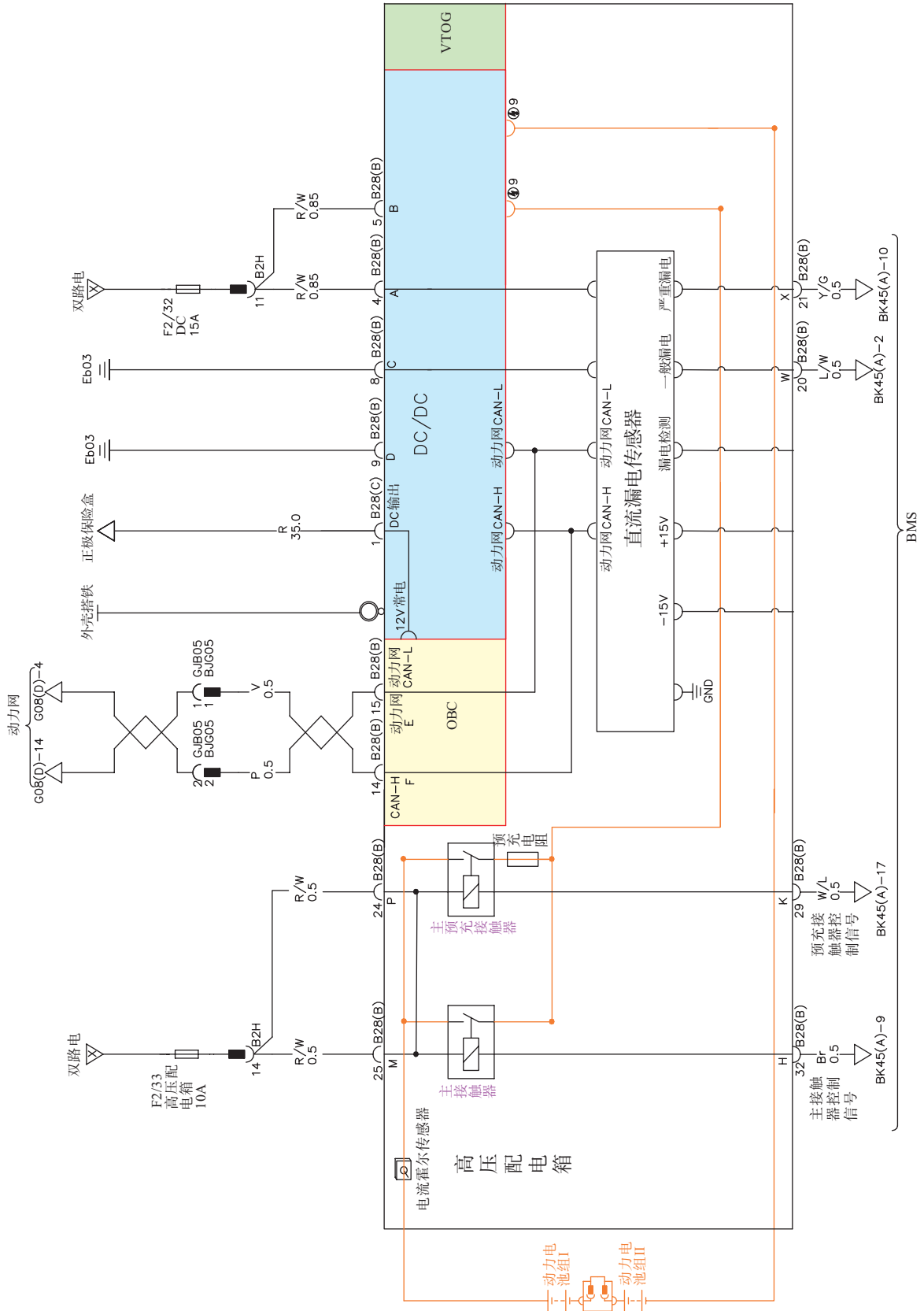


图 5-3-6 高压电控总成 DC-DC 部分

三、帝豪 EV450 低压电池和 DC-DC 系统

帝豪 EV450 低压电池无电源管理系统，DC-DC 集成在电机控制器内部，低压充电接口如图 5-3-7 所示。

高压上电前，低压电路系统依赖 12V 铅酸蓄电池供电，当高压上电后，电机控制器将动力电池的高压直流电转换成低压直流电为 12V 铅酸蓄电池充电，并向全车低压电路供电。

长期停放的车辆容易造成低压蓄电池馈电，当低压蓄电池严重馈电将会导致车辆无法启动上电。为避免这一问题，本车具有智能充电功能。车辆停放过程中 VCU 将持续对电源蓄电池电压就行监控，当电压低于设定值时，VCU 将唤醒 BMS，同时 VCU 也将控制电机控制器通过 DC-DC 对低压蓄电池进行充电，防止低压蓄电池馈电。

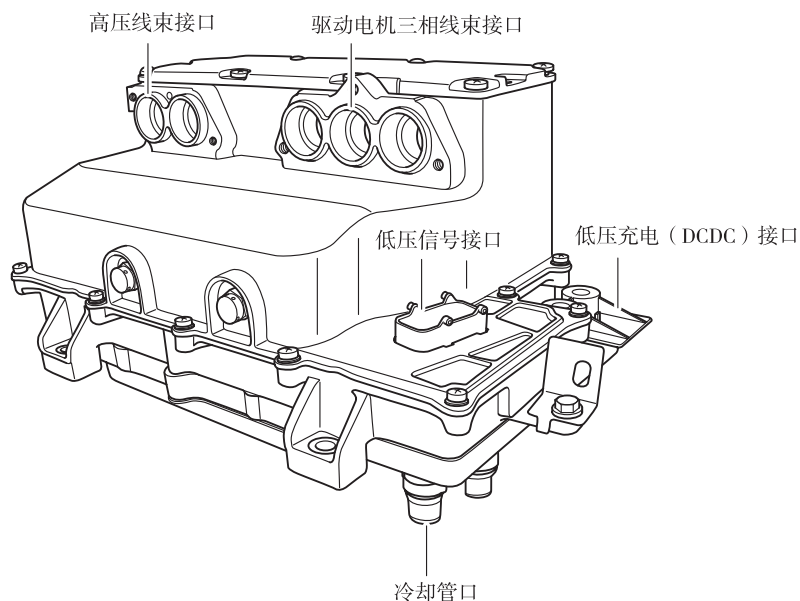


图 5-3-7 电机控制器



第四节 车载终端及车载网络

一、车载终端功能

电动汽车车载终端又称为远程监控，远程监控主要为了检测车辆电池、电机、电机控制器等相关参数是否与出厂一致，所以在安装有远程监控的电动车出厂的那一刻起就已经与国家检测平台开始实时通讯，电动汽车上的一些主要参数会及时反馈到平台，平台也可以随时观看电动汽车的相关信息和地理位置。

远程监控简称 T-BOX，它是有 GPS 定位功能的，当电动汽车驱动行驶时候远程监控随时可以检测到电池的相关参数，包括电池温度、电池电压、电池电量、电池编码、电池厂家信息、电池故障信息等等，这个在国家平台上都是可以实时检测到的。

再者，电机的一些相关参数，包括：电机编码、电机厂家、电机型号、最大转矩、最大扭矩等等，在国家平台上也是可以实时检测到的，如果电机有转速，那么说明车在行驶，如果没有转速那也说明车是静止的。

除了上面比较重要得信息，电机控制器也是实时检测的，结合 GPS 信息，其实电动汽车的一举一动都在国家平台的控制范围内，那么未来国家对于电动汽车的监管势必会变得可操作，这就引发了很多问题，比如汽车轨迹大数据，汽车状态大数据，未来国家将根据这些大数据，对每一台电动汽车都能起到实时监管的转台，整个汽车的轨迹都在平台的视线中。

二、北汽电动汽车车载网络终端

1. 功能

(1) 车载终端能够与整车控制器（VCU）通过 CAN 总线进行通信，服从 VCU 的控制命令，获取整车的相关信息。车载终端采用“行程长度编码”压缩机制，对 CAN 数据进行数据压缩，以减少存储空间占用，同时节约网络带宽资源与流量，加快数据传输速度。

(2) 车载终端能够用 GPS 对车辆进行定位。

(3) 车载终端能够将大量数据（最大 8G）存储到本地移动存储设备（SD 卡）中。经存储的数据可由分析处理软件读取和分析。

(4) 车载终端能够将信息按照规定的时间和数据量，以无线通信（GPRS）的方式发送到服务平台。在此信息传输的过程中，要保证信息的正确性，并且不能将信息丢失。在信息传输的过程中，还需要做到信息的保密，使无线通信的信息不能被他人窃取。

(5) 黑匣子：车载终端将在本地保存车辆最近运行一段时间的数据，作为“黑匣子”提供车辆故障或事故发生前的数据信息

(6) 盲区补传：车载终端支持在通讯网络不畅情况下，自动将数据保存至采集终端 flash 存储区内，待网络正常后，自动 / 人工将数据上传至服务平台。

(7) 自检功能：当检测到 GPS 模块、主电源等故障会主动上报警情达到监控中心，辅助设备进行检查。

(8) 远程升级：支持远程自动升级功能，自动接收来自服务平台的升级指令完成软件升级，大大节省了维护成本。必要时，借助本车载终端可对车辆通过 CAN 协议进行软件升级

2. 结构

车载终端组成：车载终端（如图 5-4-1 所示）由一根天线和一个数据记录仪（如图 5-4-3 所示）组成，数据记录仪内有供存储数据的 SD 卡（如图 5-4-3 所示）。

车载终端电路如图 5-4-4 所示。



图 5-4-1 天线



图 5-4-2 数据记录仪



图 5-4-3 SD 卡

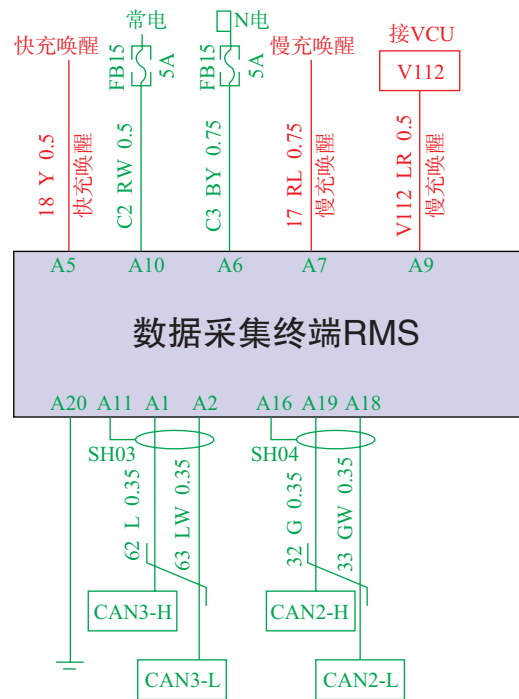


图 5-4-4 车载终端电路

3. 控制平台系统

北汽远程控制平台是用来和车载终端及手机 APP 配合工作，实现车主车辆远程状态查询和远程车辆控制等功能的系统。

手机 APP 核心功能为：状态车辆查询、充电状态查询与提示、远程控制（空调、充电）、爱车体检、车辆位置服务等。

整个系统由车载终端、远程控制平台、手机 APP 三部分构成，三者之间关系如图 5-4-5 所示。

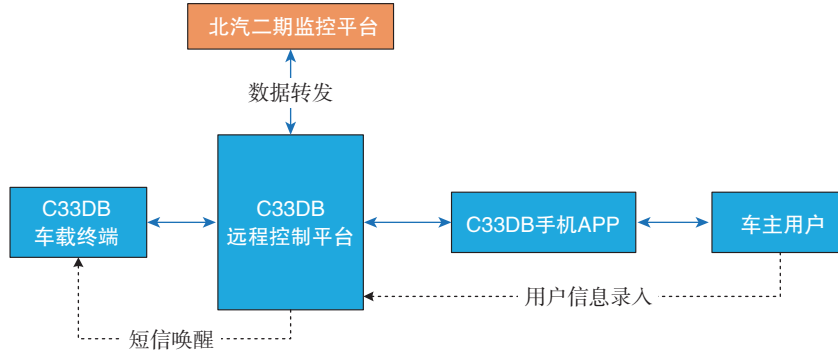


图 5-4-5 控制平台框架

三、比亚迪秦车载终端

比亚迪车载终端主要作用是数据通信，采集整车 CAN 信息并通过 3G 模块上传服务器，为车主提供车辆状态服务等。由车载终端模块和天线组成，分别安装在后备箱内右 C 柱下面和后搁物架上，分别如图 5-4-6、5-4-7 所示，其电路如图 5-4-8 所示。

后备箱内右C柱下边



图 5-4-6 车载终端模块位置

后搁物架上(靠右侧扬声器)

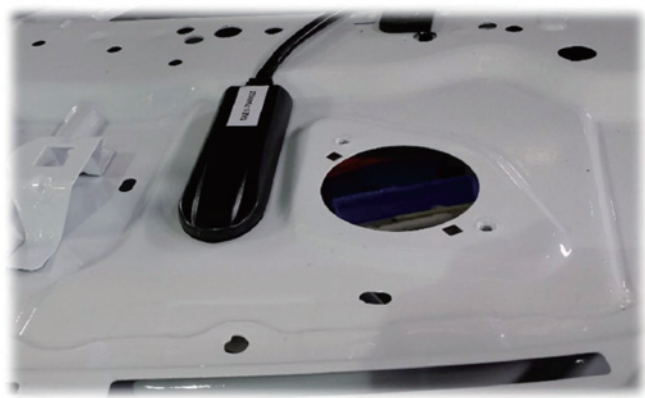


图 5-4-7 天线位置

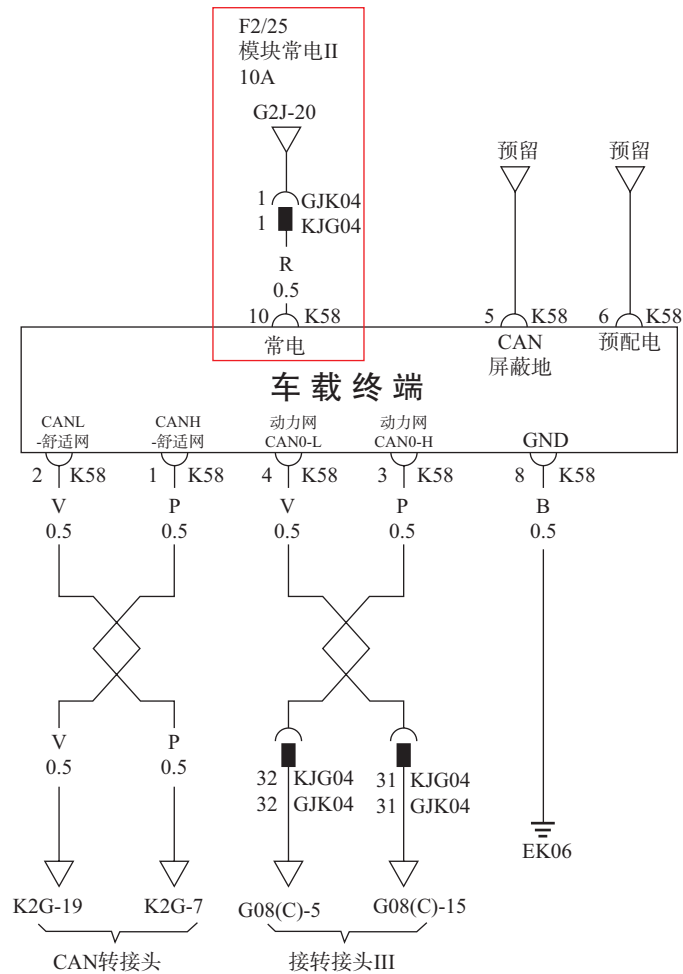


图 5-4-8 车载网络终端电路

四、帝豪电动汽车远程监控系统

1. 基本功能

帝豪电动汽车配备远程监控系统，操作人员可以通过综合平台或企业平台便捷的获取车辆最近一段周期的实时数据（数据内容包括：单体电池电压数据、动力蓄电池包温度数据、整车数据、卫星定位系统数据、极值数据和报警数据等），操作人员对获取的数据进行相应的的分析后，可以快速的对车辆进故障做出初步诊断，从而为客户极大的减轻了维护车辆所付出的时间成本。

2. 系统组成

帝豪电动汽车远程监控系统主要由远程监控模块及双频

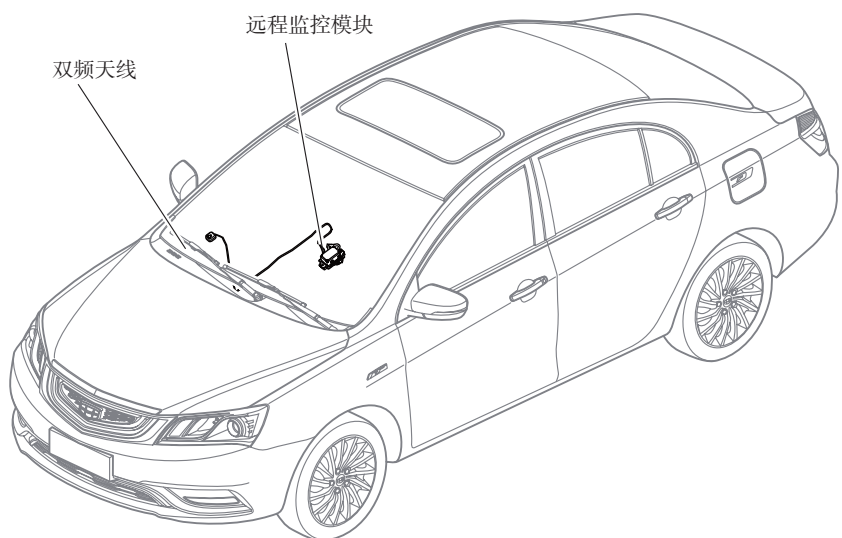


图 5-4-9 帝豪电动汽车远程监控系统部件位置

天线组成，位置如图 5-4-9 所示。其主电源由车上的蓄电池来供电，远程监控模块自带备用电池，当车辆出现异常主电源掉电时，可以使用备用电池进行供电，来进行车体的状态检测，在指定的情况下可以进行报警。备用电池可供电 30min。

帝豪远程监控系统控制框架如图 5-4-10 所示，电路如图 5-4-11 所示。

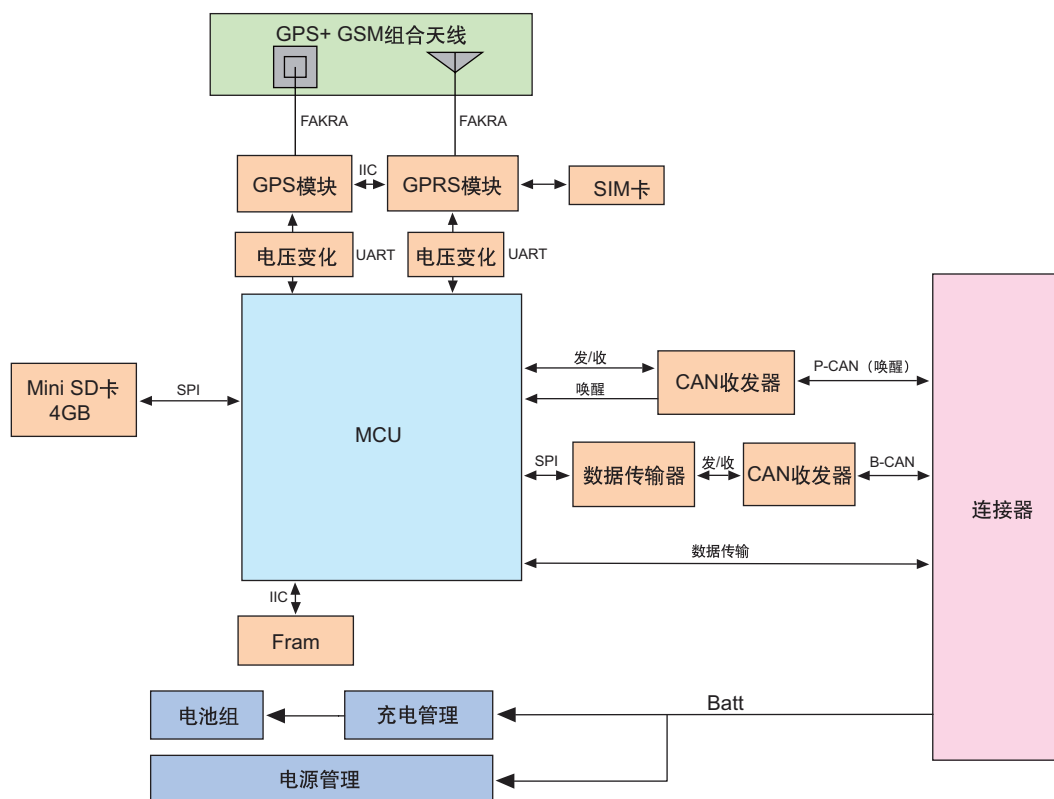


图 5-4-10 帝豪远程监控系统控制框架

3. 工作原理

(1) 激活

远程监控系统装车后第一次连接网络，综合平台或企业平台可以对远程监控系统进行管理。管理内容包括：软件升级、参数升级、激活等动作。

(2) 注册

远程监控系统通信链路连接建立后，应自动向后台发送注册信息进行身份识别，后台应对接收到的数据进行校验；校验正确时，后台应返回成功应答；远程监控系统应在接收到后台的应答指令后完成本次注册传输。

(3) 状态报告

当远程监控系统注册成功和状态发生改变时，远程监控系统应向后台上报状态信息。

(4) 实时信息传输

远程监控系统注册成功后，应按一定时间周期向后台上报 P-CAN 或 B-CAN 上接收的实时数据。数据内容包括：单体电池电压数据、动力蓄电池包温度数据、整车数据（充电）、卫星定位系统数据、极值数据和报警数据及断电后 3 分钟内的实时信息。

(5) CAN 唤醒和睡眠

睡眠模式：30s 未收到 CAN 信号，远程监控系统进入睡眠模式并保持一级低功耗。

唤醒模式：收到 CAN 信号或 P-CAN 上有充电信号时远程监控系统返回到正常工作模式。

注意：远程监控系统不能向 CAN 发送消息。

(6) 与后台断开链接

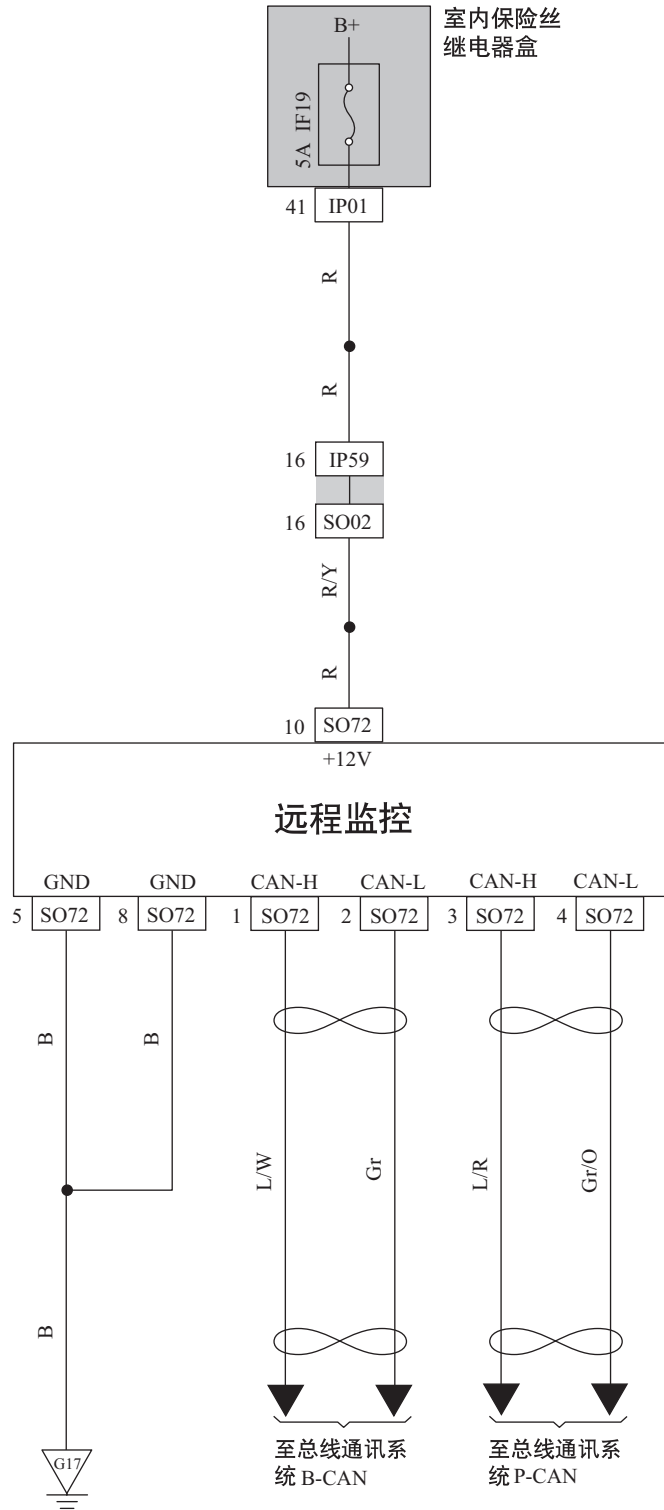


图 5-4-11 帝豪远程监控系统电路

后台应根据以下情况断开与车载终端的会话连接：

- 传输控制协议连接中断；
- 传输控制达到重新发送次数后仍未收到应答。
- 同一身份的车辆建立新连接，将原连接断开。
- 在一定时间内未收到车载终端发来的心跳信息。

(7) 补发功能

当数据通信链路异常时，车载终端应将实时上报数据进行本地存储。在数据通信链路恢复正常后，在发送实时上报数据的同时补发存储的上报数据。补发的上报数据应为当日通信链路异常期间存储的数据，数据格式与实时上报数据相同，并标识为补发信息上报。

(8) 配置参数查询，设置。

后台向远程监控系统发送查询命令，远程监控系统应对命令完成校验后，发送参数信息。

后台可向远程监控系统发送设置命令，修改远程监控系统参数信息。服务器远程配置参数包括：数据上报周期，上报服务器的 IP 地址和端口号等。

(9) GPS 定位

远程监控系统内部集成 GPS 模块，能够提供车辆当前所处的经度、纬度等定位信息。

GPS 定位功能应满足以下要求：

- 水平定位精度不应大于 15m，
- 高程定位精度不应大于 30m ；
- 差分定位（可选）精度为 1~5 米。
- 最小位置更新率为 1Hz ；
- 定位时间：冷启动：从系统加电运行到实现捕获时间不应超过 120s ； 热启动：实现捕获时间应小于 10s。
- 当 GPS 信号无效时，保存最后一次有效的 GPS 状态。

(10) 升级

升级是指用户在产品开发过程中或产品售出后可对远程 监控系统软件和参数进行升级，系统需要支持本地和远程两种升级方式，在系统升级的过程中，CAN 接口要处于关闭状态。从服务端下载到设备的升级数据需要经过 GSM 通道传输。

五、车载网络

随着网联和智能技术采用，电动汽车上的通信数据量越来越大，CAN 总线技术是电动汽车上应用最为广泛的通信技术。北汽、比亚迪秦、帝豪总线拓扑图分别如图 5-4-12、5-4-13、5-4-14、5-4-15 所示。

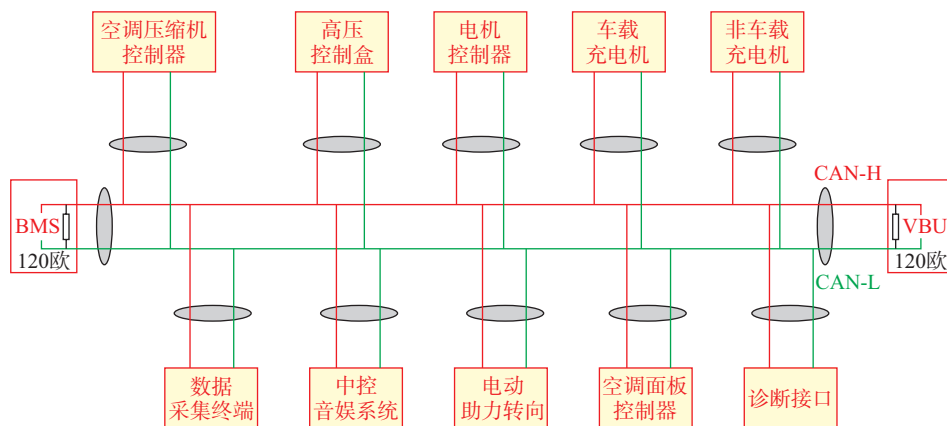


图 5-4-12 北汽总线控制的拓扑图

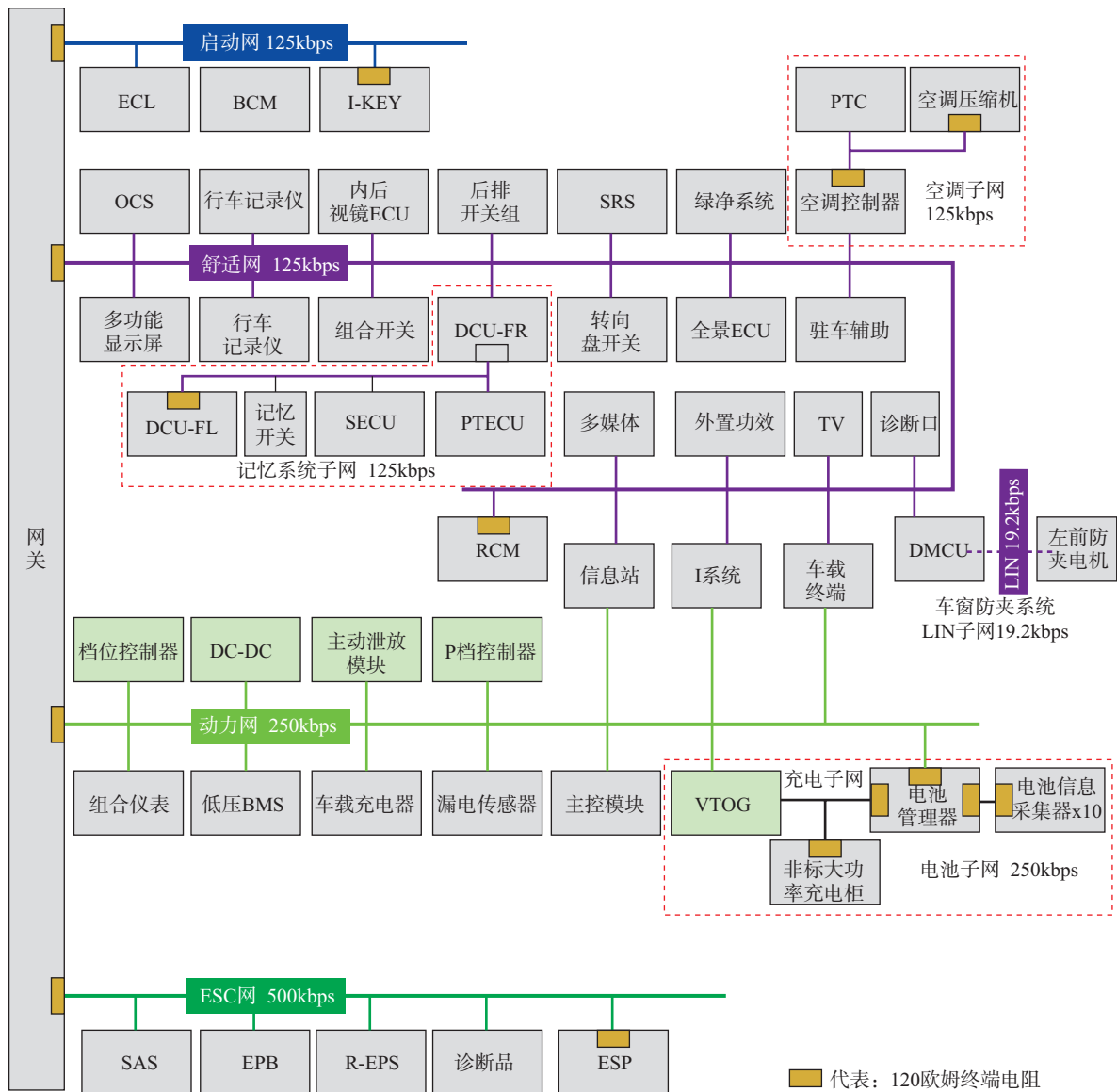


图 5-4-13 比亚迪秦网关拓扑图

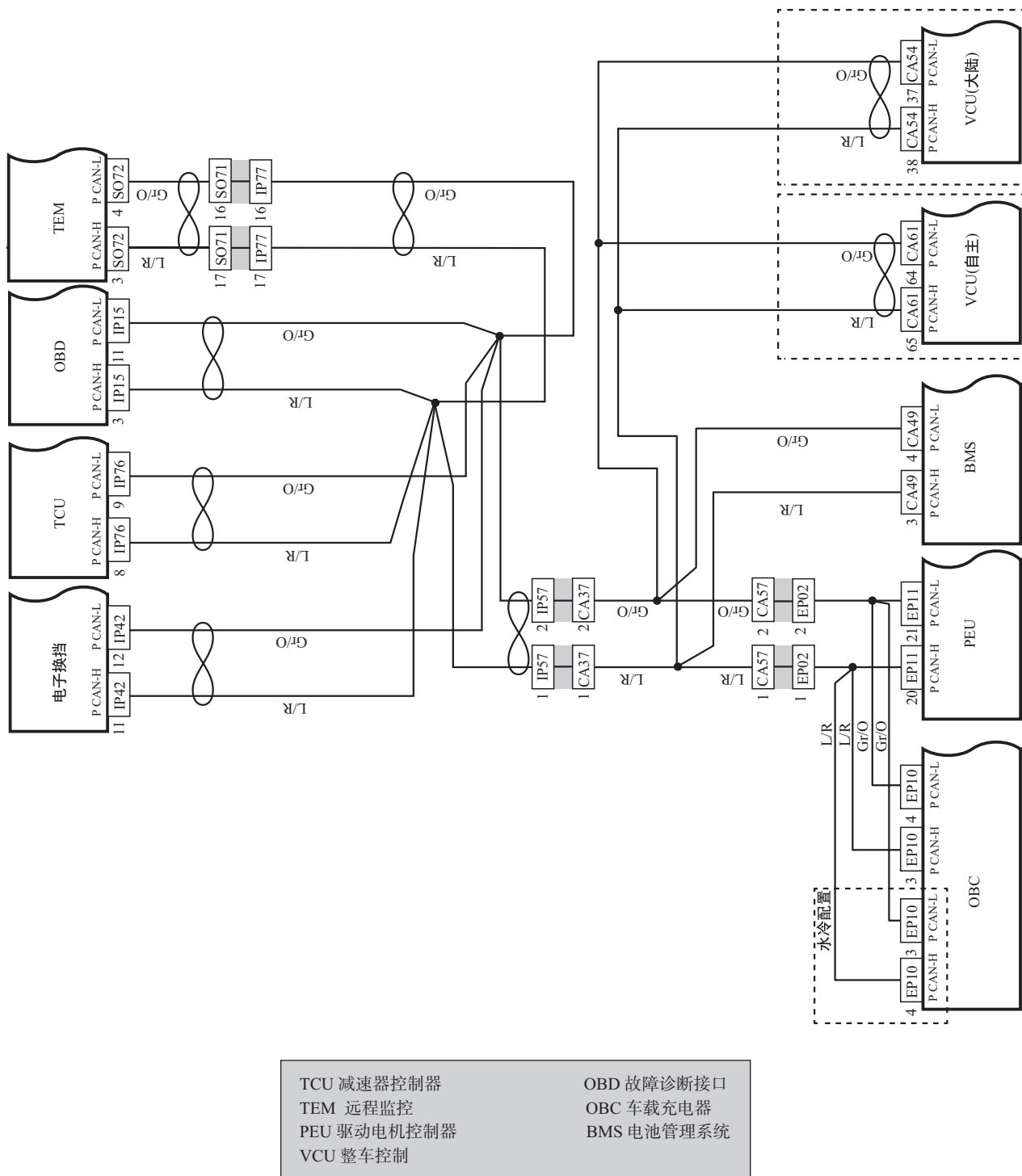


图 5-4-14 帝豪动力总线拓扑图

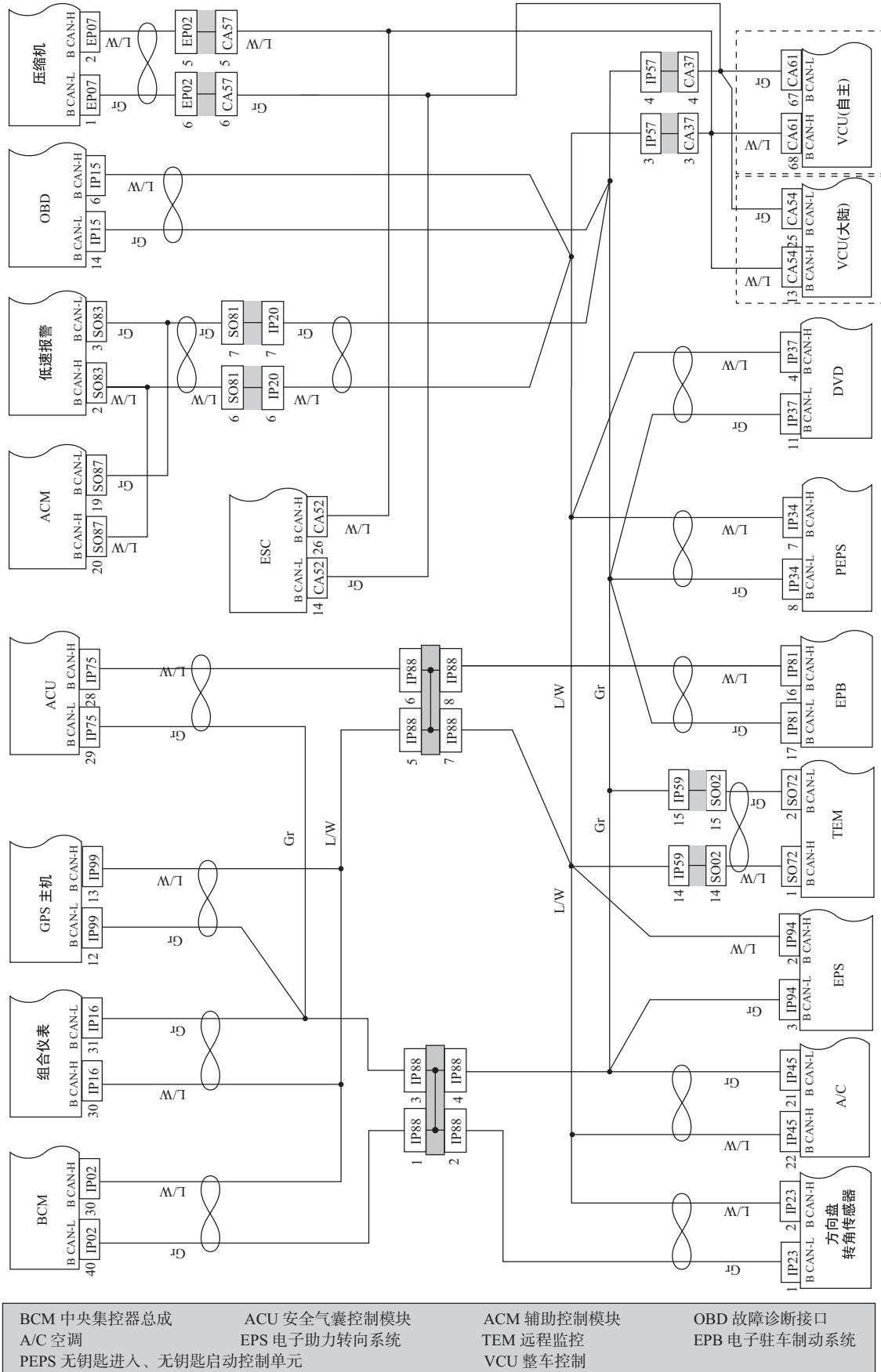


图 5-4-15 帝豪车身总线拓扑图

第 章

充电系统



1. 了解电动汽车充电设备类型及充电行式
2. 掌握电动汽车充电系统结构原理
3. 掌握常见电动汽车充电系统结构原理与检测



第一节 电动汽车充电设备类型及充电行式

电动汽车产业能否得到快速发展，充电技术是关键因素之一。智能、快速的充电方式成为电动汽车充电技术发展的趋势。

一、电动汽车对充电设备的要求

电动汽车充电设备是指与电动汽车或动力蓄电池相连接，并为其提供电能的设备，是电动汽车充电站最主要的设备。

电动汽车对充电设备具有以下要求。

1. 安全性

电动汽车充电时，要确保人员的人身安全和蓄电池组的安全。

2. 使用方便

充电设备应具有较高的智能性，不需要操作人员过多干预充电过程。

3. 成本经济

成本经济、价格低廉的充电设备有助于降低整个电动汽车的成本，提高运行效益，促进电动汽车的商业化推广。

4. 效率高

高效率是对现代充电设备最重要的要求之一，效率的高低对整个电动汽车的能量效率具有重大影响。

5. 对供电电源污染要小

采用电力电子技术的充电设备是一种高度非线性的设备，会对供电网及其他用电设备产生有害的谐波污染，而且由于充电设备功率因数低，在充电系统负载增加时，对其供电网的影响也不容忽视。

二、电动汽车充电设备的类型

电动汽车充电设备的类型很多，一般分为非车载充电机、车载充电机、交流充电桩、直流充电桩和交流充电桩等。

1. 非车载充电机

非车载充电机是指安装在电动汽车车体外，将电网的交流电能变换为直流电能，采用传导方式为电动汽车动力蓄电池充电的专用装置，如图 6-1-1 所示。

非车载充电机一般由高频开关电源模块、监控单元、人



图 6-1-1 非车载充电机

机操作界面、与电动汽车电气接口、计量系统和通信接口等组成。

2. 车载充电机

车载充电机是指固定安装在电动汽车上运行，将交流电能转换为直流电能，采用传导方式为电动汽车动力蓄电池充电的专用装置，如图 6-1-2 所示。

车载充电机由交流输入接口、功率单元、控制单元、直流输出接口等部分组成，充电过程中由车载充电机提供电池管理系统、充电接触器、仪表盘、冷却系统等低压用电电源。

3. 交流充电桩

交流充电桩是指固定在电动汽车外、与交流电网连接，采用传导方式为具有车载充电装置的电动汽车提供交流电源的专用供电装置。交流充电桩只提供电力输出，没有充电功能，需连接车载充电机为电动汽车充电。如图 6-1-3 所示为电动汽车交流充电桩。



图 6-1-2 车载充电机



图 6-1-3 电动汽车交流充电桩

交流充电桩由桩体、电气模块和计量模块 3 部分组成。桩体外部结构包括外壳和人机交互界面；电气模块包括充电插座、供电电缆、电源转接端子排、安全防护装置等；计量模块包括电能表、计费管理系统、非接触式读写装置等。

4. 直流充电桩

直流充电桩是指固定在电动汽车外、与交流电网连接，可以为非车载电动汽车动力电池提供小功率直流电源的供电装置。直流充电桩的输入电压采用三相四线 AC380V±15%，频率为 50Hz，输出为可调直流电，直接为电动汽车的动力电池充电。如图 6-1-4 所示为电动汽车直流充电桩。

直流充电桩主要由监控器、刷卡区、充电指示灯、插枪接口、充电桩体等部分组成。



图 6-1-4 电动汽车直流充电桩



图 6-1-5 电动汽车交直流充电桩

5. 交直流充电桩

交直流充电桩是采用交直流一体的结构，既可实现直流充电，也可以交流充电。白天充电业务多的时候，使用直流方式进行快速充电，当夜间充电站用户少时可用交流充电进行慢充操作。如图 6-1-5 所示为电动汽车交直流充电桩。

车载充电机和交流充电桩是电动汽车最主要、应用最广泛的充电设备。

三、电动汽车充电方法

电动汽车蓄电池充电方法主要有恒流充电、恒压充电和恒流限压充电，现代智能型蓄电池充电机可设置不同的充电方法。

1. 恒流充电

恒流充电是指充电过程中使充电电流保持不变的方法。恒流充电具有较大的适应性，容易将蓄电池完全充足，有益于延长蓄电池的寿命。缺点是在充电过程中，需要根据逐渐升高的蓄电池电动势调节充电电压，以保持电流不变，充电时间也较长。

恒流充电是一种标准的充电方法，有 4 种方式。

(1) 涓流充电

即维持电池的满充电状态，恰好能抵消电池自放电的一种充电方法，其充电电流对满充电的电池长期充电无害，但对完全放电的电池充电，电流太小。

(2) 最小电流充电

是指在能使深度放电的电池有效恢复电池容量的前提下，把充电电流尽可能地调整到最小的方法。

(3) 标准充电

即采用标准速率充电，充电时间为 14h。

(4) 高速率（快速）充电

即在 3h 内就给蓄电池充满电的方法，这种充电方法需要自动控制电路保护电池不损坏。

2. 恒压充电

恒压充电是指充电过程中保持充电电压不变的充电方法，充电电流随蓄电池电动势的升高而减小。合理的充电电压，应在蓄电池即将充足时使其充电电流趋于 0。如果电压过高会造成充电初期充电电流过大和过充电，如果电压过低则会使蓄电池充电不足。充电初期若充电电流过大，则应适当调低充电电压，待蓄电池电动势升高后再将充电电压调整到规定值。

恒压充电的优点是充电时间短，充电过程无需调整电压，较适合于补充充电。缺点是不容易将蓄电池完全充足，充电初期大电流对极板会有不利影响。

3. 恒流限压充电

先以恒流方式进行充电，当蓄电池组端电压上升到限值时，充电机自动转换为恒压充电，直到充电完毕。

四、电动汽车充电方式

电动汽车充电方式主要有常规充电方式、快速充电方式、电池更换方式、无线充电方式和移动式充电方式等。

1. 常规充电方式

常规充电方式采用恒压、恒流的传统充电方式对电动汽车进行充电，相应的充电机的工作和安装成本相对较低。电动汽车家用充电设施（车载充电机）和小型充电站多采用这种充电方式。车载充电机是电动汽车的一种最基本的充电设备，如图 6-1-6 所示。充电机作为标准配置固定在车上或放在后备厢里。由于只需将车载充电机的插头插到停车场或家中的电源插座上即可进行充电，因此充电过程一般由客户自己独立完成。直接从



图 6-1-6 车载充电机充电方式

低压照明电路取电,充电功率较小,由220V/16A规格的标准电网电源供电。典型的充电时间为8~10h(SOC值达到95%以上)。这种充电方式对电网没有特殊要求,只要能够满足照明要求的供电质量就能够使用。

由于在家中充电通常是晚上或者是在电低谷期,有利于电能的有效利用。

小型充电站是电动汽车的一种最重要的充电方式,如图6-1-7所示,充电桩设置在街边、超市、办公楼、停车场等处。采用常规充电电流充电。电动汽车驾驶员只需将车停靠在充电站指定的位置上,接上电线即可开始充电。计费方式是投币或刷卡,充电功率一般在5~10kW,采用三相四线制380V供电或单相220V供电。其典型的充电时间是,补电1~2h,充满5~8h(SOC值达到95%以上)。

常规充电方式主要优点是,充电技术成熟,技术门槛低,使用方便,容易推广普及;充电设施配置简单,占地较小,投资少;电池充电过程缓和,电池能够深度充满;充电时电池发热温和,不易发生高温短路或爆炸危险,安全性较高;接口和相关标准较低;充电功率相对低,对配电网要求降低,基础设施配套需求小;一般选择夜间充电,可避开傍晚用电高峰期,节能效果较好。



图6-1-7 小型充电站充电方式

常规充电方式主要缺点是,充电时间长,续航里程有限,使用受到限制;用于有慢速充电需求的停车场所,如住宅小区停车场、社会公共停车场等。

2. 快速充电方式

快速充电方式以150~400A的高充电电流在短时间内为蓄电池充电,与常规充电方式相比安装成本相对较高。快速充电也可称为迅速充电或应急充电,其目的是在短时间内给电动汽车充满电。大型充电站(机)多采用这种充电方式。

大型充电站(机)的快速充电方式如图6-1-8所示,它主要针对长距离旅行或需要进行快速补充电能的情况进行充电,充电机功率很大,一般都大于30kW,采用三相四线制380V供电。其典型的充电时间是10~30min。这种充电方式对电池寿命有一定的影响,特别是普通蓄电池不能进行快速充电,因为在短时间内接受大量的电量会导致蓄电池过热。快速充电站的关键是非车载快速充电组件,它能够输出35kW甚至更高的功率。由于功率和电流的额定值都很高,因此这种充电方式对电网有较高的要求,一般应靠近10kV变电站附近或在监测站和服务中心中使用。



图6-1-8 大型充电站(机)的快速充电方式

快速充电方式主要优点是,技术较为成熟,接口标准要求较低;充电速度快,增加电动汽车长途续航能力,是一种有效的补充方案。

快速充电方式主要缺点是,充电功率较大,接口和用电安全提高,电池散热成为重要因素;电池不能深度充电,一般为电池容量的80%左右,容易损害电池寿命,需要承担更多的电池折旧成本;短时用电消耗大,对配电网要求较高,基础设施配套需求巨大。

3. 电池更换方式

采用更换电池的方式迅速补充车辆电能，电池更换可在 10min 以内完成，理论上无限提升了车辆续驶里程。

如图 6-1-9 所示为利用换电机器人为电动汽车更换电池。

电池更换方式主要优点是，电池更换客户感受接近传统的加油站加油；用户只需购买裸车，电池采用租赁的方式，大幅降低了车辆价格；采用适合的充电方式保证电池的健康以及电池效能的发挥，电池集中管理便于集中回收和维护，减小环境污染；选择夜间用电低谷时段慢速充电，降低服务机构运行成本，对电网起到错峰填谷作用。

电池更换方式主要缺点是，基础设施建设成本较高，占用场地大，电网配套要求高；需解决电动汽车更换电池方便的问题，如电池设计安装位置、电池拆卸难易程度等；需要电动汽车行业众多标准的严格统一，包括电池本身外形和各项参数的标准化，电池和电动汽车接口的标准化，电池和外置充电设备接口的标准化等；电池更换容易导致电池接口接触不良等问题，对电池及车辆接口的安全可靠要求提高；电池租赁带来的资产管理、物流配送、计价收费等一系列问题，运作复杂性和成本提高。

4. 无线充电方式

电动汽车无线充电方式是利用无线电能传输技术对蓄电池进行充电的一种新型充电方式，主要有电磁感应充电方式、磁共振充电方式和微波充电方式。

(1) 电磁感应充电方式

电磁感应充电方式是通过送电线圈和接收线圈之间传输电力，这是最接近实用化的一种充电方式。当送电线圈中有交变电流通过时，发送（初级）、接收（次级）两线圈之间产生交替变化的磁场，由此在次级线圈产生随磁场变化的感应电动势，通过接收线圈端对外输出交变电流。该充电方式存在的问题是，送电距离比较短（约 100mm），并且送电与受电两部分出现较大偏差时，电力传输效率就会明显下降；有异物进入时，会出现局部发热的情况；电磁波及高频方面的防护问题也不易解决；功率大小与线圈尺寸直接相关，需要大功率传送电力时，需在基础设施建设和电力设备方面加大投入。

(2) 磁共振充电方式

磁共振充电方式主要由电源、电力输出、电力接收、整流器等组成，基本原理与电磁感应方式基本相同。电源传送部分有电流通过时，所产生的交变磁束使接收部分产生电势，为电池充电时输出电流。与电磁感应充电方式的不同之处在于，磁共振充电方式加装了两个高频驱动电源，采用兼备线圈和电容器的 LC 共振电路，而非由简单线圈构成送电和接收两个单元。共振频率的数值会随送电与接收单元之间距离的变化而改变，当传送距离发生改变时，传输效率也会像电磁感应一样迅速降低。因此，可通过控制电路调整共振频率，使两个单元的电路发生共振，即“共鸣”，也称这种磁共振状态为“磁共振”。在控制回路的作用下改变传送与接收的频率，可将电力传送距离增大至数米左右，同时将两单元电路的电阻降至最小以提高传送效率。传输效率还与发送和接收电单元的直径相关，传送面积越大，传输效率越高。目前的传输距离可达 400mm 左右，传输效率可达 95%。目前磁共振充电方式技术上的难点是小型、高效率化比较难。现在的技术能力大约是直径 0.5m 的线圈，能在 1m 左右的距离提供 60W 的电力。

(3) 微波充电方式

微波充电方式使用 2.45GHz 的电波发生装置传送电力。传送的微波也是交流电波，可用天线在不同方向接收，用整流电路转换成直流电为电动汽车蓄电池充电，并且可以实现一对多点的远距离传送。为防止充电时微波外漏，充电部分装有金属屏蔽装置，使用中，送电与受电之间的有效屏蔽可防止微波外漏。该充电方式目前存在的主要的问题是磁控管产生微波时的效率过低，造成许多电力变为热能白白消耗。

相对于电动汽车的有线充电而言，无线充电具有使用方便、安全、可靠，没有电火花和触电的危险，无积尘和接触损耗，无机械磨损，没有相应的维护问题，可以适应雨、雪等恶劣的天气和环境等优点。



图 6-1-9 利用换电机器人为电动汽车更换电池

无线充电技术用于电动汽车充电可以降低人力成本，节省空间，不影响交通视线等。如果可以实现电动汽车的动态无线充电，则可以大幅减少电动汽车配备的动力电池容量，从而减轻整车重量，降低电动汽车的运行成本。

有了无线充电技术，公路上行驶的电动汽车或双能源汽车可通过安装在电线杆或其他高层建筑上的发射器快速补充电能。电费将从电动汽车上安装的预付卡中扣除。

电动汽车无线充电示意图如图 6-1-10 所示。

5. 移动式充电方式

对电动汽车蓄电池而言，最理想的情况是电动汽车在路上行驶时充电，即所谓的移动式充电。这样，电动汽车用户就没有必要去寻找充电站、停放车辆并花费时间去充电。移动式充电系统埋设在一段路面之下，即充电区，不需要额外的空间。

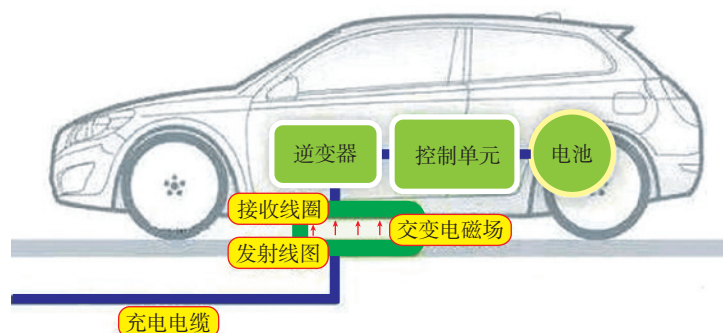


图 6-1-10 电动汽车无线充电示意图

接触式和感应式的移动式充电系统都可实施。接触式的移动式充电系统需要在车体的底部装一个接触拱，通过与嵌在路面上的充电元件相接触，接触拱便可获得瞬时高电流。当电动汽车行驶通过移动式充电区时，其充电过程为脉冲充电。对于感应式的移动式充电系统，车载式接触拱由感应线圈所取代，嵌在路面上的充电元件由可产生强磁场的高电流绕组所取代。很明显，由于机械损耗和接触拱的安装位置等因素的影响，接触式的移动式充电对人们的吸引力不大。

目前的研究主要集中在感应充电方式，因为它不需要机械接触，也不会产生大的位置误差。当然，这种充电方式的投资巨大，现在仍处于实验阶段。

总之，方便、高效的充电方式，是大量推广使用电动汽车的基础。

五、电动汽车光伏充电站

目前，电动汽车充电站主要是利用电网供电，如果电动汽车得到大量推广使用，必将额外消耗大量不可再生资源用于发电、煤、石油等化石能源在燃烧发电过程中又造成环境污染，加重了传统能源消耗和环境问题，因此，开发利用清洁的可再生能源给电动汽车充电站供电势在必行，光伏充电站是电动汽车未来最理想的充电站。

电动汽车光伏充电站可以分为两类，即离网运行的电动汽车光伏充电站和并网运行的电动汽车光伏充电站，目前应用较多的是并网运行的电动汽车光伏充电站。

并网运行的电动汽车光伏充电站主要由光伏电池阵列、储能电池组、多组

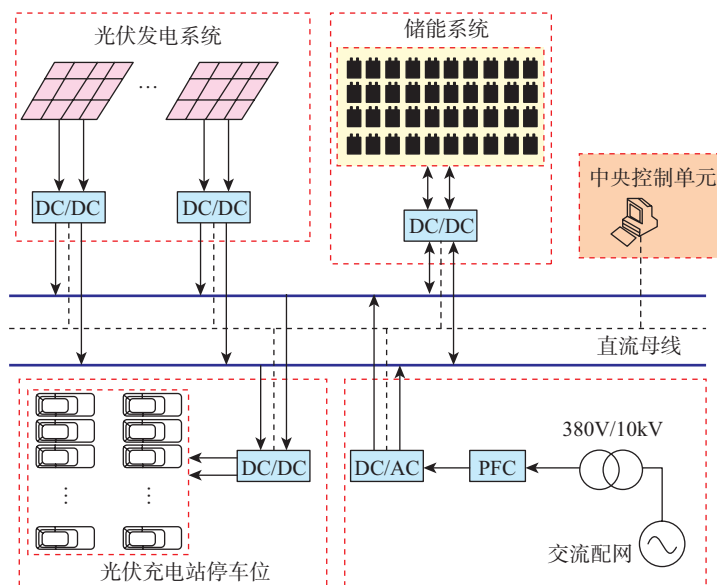


图 6-1-11 电动汽车光伏充电站系统结构图

DC/DC 变换器、交流电源、中央控制器等单元组成，如图 6-1-11 所示。

光伏电池阵列由太阳能电池板串、并联组成，它吸收太阳能并发出直流电，经 DC/DC 变换器接入充电系统，是站内电动汽车充电的主要电源。

储能电池组在系统中启动能量储存和调节作用，当光伏发电量过剩时，储存多余的电能；光伏不足时，由储能或与交流配网一起向电动汽车充电。

多组 DC/DC 变换器是作为光伏电池阵列、储能电池组和电动汽车充电系统的变流单元，其中，光伏发电系统和电动汽车充电系统使用能量单向流动的 DC/DC 变换器，储能电池组使用能量双向流动的 DC/DC 变换器。

DC/AC 变换器是作为交流配电网与光伏充电系统的连接单元，根据站内充电需要，将配电网输入的交流电转换为直流接入充电系统。

中央控制器协调系统内各组成单元正常运行，实现能量的监测与控制。

电动汽车光伏充电站的原理是利用高储能电池把太阳能发的电能储存并及时提供给电动汽车充电使用或是给其他系统供应电力，而在太阳能发的电能不足以满足充电站使用时可以从电网中输送电能到充电站中储存，以便于及时给电动汽车提供电力。

光伏充电站具有以下主要特点。

(1) 光伏充电站不需要建设专门的电站或是电网来供电给充电站使用，也不需要加大电网的电容量。因为光伏发电系统不但有自身的发电功能，在遇到供不应求的情况时，光伏充电站系统会在电网低谷时段选择从国家电网购买电量储存在储能系统里，这样不仅利于使充电站的电量能满足快速的给电动汽车充电并不影响电网的使用，而且也对国家电网低谷时段的电力做了有效利用。相反地，当国家电网到高峰时段用电压力较大时，也同样可以利用充电站储电优势反供电给电网。

(2) 因为储能光伏充电站是多个储能电池组合成的，所以尽管在遇到供不应求的情况，

也不需要重新建造更大的充电站，其扩大能量的方法非常简单，只要按需求增加电池组数量即可。这样就在很大程度上节约了充电站的建设成本，给充电站的长远发展提供了更多的可能性。

特斯拉在北京首个光伏超级充电站已经投入使用，如图 6-1-12 所示。该光伏超级充电站由一个充电机带两个充电桩组成，采用电网电能和太阳能联合供电方式，并备有电池组储电。所谓超级，即高压大电流，可实现快速充电。交流输入电压为 380V，电流为 192A；直流输出功率为 125kW，给电动汽车充电。以电力用尽的特斯拉 Model S85 为例，20min 充电一半，40min 充电 80%，80min 充电 100%。

宝马公司和 EIGHT 设计公司共同开发了一款电动汽车光伏充电站，现已安装在慕尼黑的宝马博物馆，如图 6-1-13 所示。该充电站的外形类似一个拱形的鸟翼。以太阳光板作为顶棚，内部基于 LED 的电气照明系统可以与用户进行交互式体验。当用户接近充电站的时候，LED 灯的颜色和亮度会发生改变。LED 照明系统也可以告诉人们该充电站是有人占用还是处于空闲状态。



图 6-1-12 特斯拉光伏超级充电站



图 6-1-13 宝马电动汽车光伏充电站

充电站的集成触摸显示屏会显示车辆相关的信息，例如当前电池续航里程、启动之前的安全信息以及收费方式。它还会告诉用户电动汽车的电池能使用多久，在到达目的地之前，用户需要在何时何地地进行充电。充电站靠收集太阳能为电动汽车充电，同时也将平日不用的能量重新输送回输电网。



第二节 电动汽车充电系统结构原理

一、电动汽车车载充电机

车载充电机具有为电动汽车动力电池安全、自动充满电的能力，充电机依据电池管理系统提供的数据，能动态调节充电电流或电压参数，执行相应的动作，完成充电过程。

1. 电动汽车车载充电机的组成

车载充电机由交流输入端口、功率单元、控制单元、低压辅助单元、直流输出端口等部分组成。车载充电机连接示意图如图 6-2-1 所示。

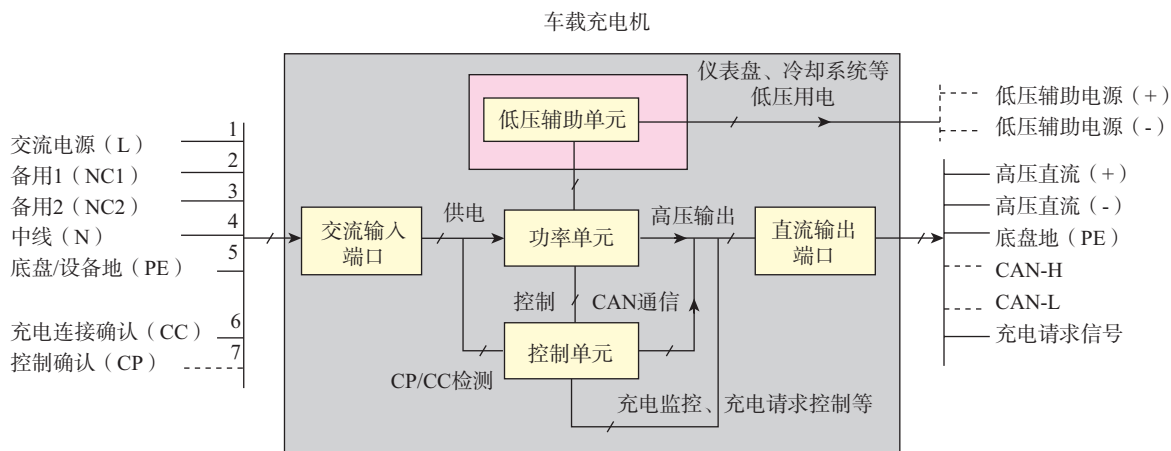


图 6-2-1 车载充电机连接示意图

(1) 交流输入端口

交流输入端口是车载充电机与地面供电设备的连接装置，当使用车载充电机对电动汽车充电时，推荐使用如图 6-2-2 所示的典型引导电路作为充电接口连接状态及车载充电机输入的判断装置。

(2) 功率单元

功率单元作为充电能量的传递通道，主要包括电磁干扰抑制模块、整流模块、功率因数校正模块、滤波模块、全桥变换模块、直流输出模块，其作用是在控制单元的配合下，把电网的交流电转换成蓄电池需要的高压直流电。

(3) 控制单元

控制单元主要包括原边检测及保护模块、过流检测及保护模块、过压 / 欠压监测及保护模块、DSP 主控模块，其作用是通过电力电子开关器件控制功率单元的转换过程，通过闭环控制方式精确完成转换功能，并提供保护功能。

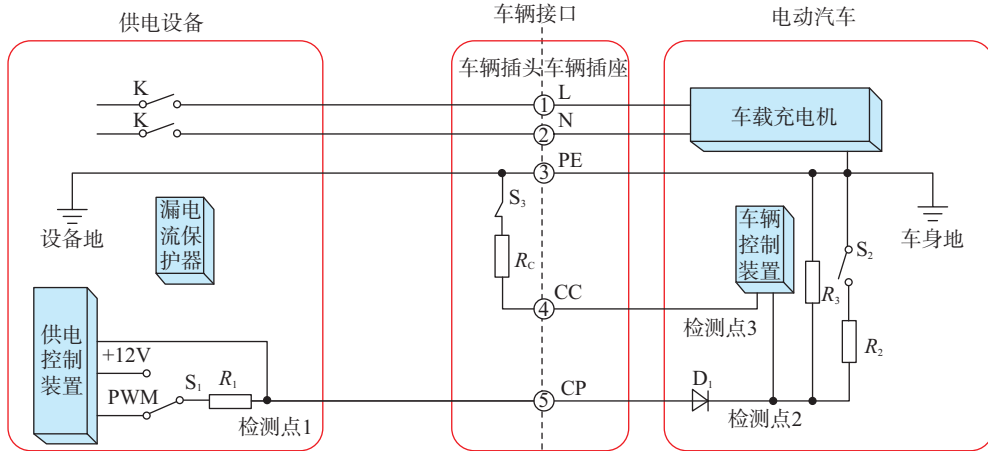


图 6-2-2 车载充电机输入控制引导电路

(4) 低压辅助单元

低压辅助单元主要包括 CAN 通信模块、辅助电源模块、人机交互模块，其作用是控制单元的电力电子器件提供低压供电及实现系统与外界的联系。

(5) 直流输出端口

直流输出端口是车载充电机与蓄电池之间的连接装置，车载充电机输出控制引导电路如图 6-2-3 所示。

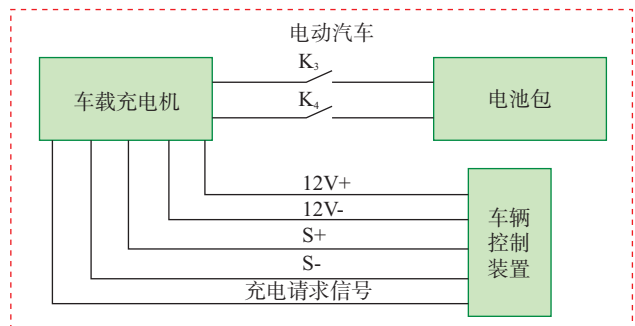


图 6-2-3 车载充电机输出控制引导电路

2. 电动汽车车载充电机的技术参数

车载充电机输入技术参数的推荐值见表 6-2-1。

表 6-2-1 车载充电机输入技术参数的推荐值

序号	额定输入电压 /V	额定输入电流 /A	额定输入功率 /kW	额定频率 /Hz
1	单相 220	10	2.2	50
2	单相 220	16	3.5	
3	单相 220	32	7.0	
4	三相 380	16	10.5	
5	三相 380	32	21.0	
6	三相 380	63	41.0	

车载充电机输出技术参数的推荐值见表 6-2-2。

表 6-2-2 车载充电机输出技术参数的推荐值

输出电压等级	输出电压范围 /V	标称输出电压推荐值 /V
1	24~65	48
2	55~120	72
3	100~250	144
4	200~420	336
5	300~570	384.480
6	400~750	640

输出电流可根据各厂家蓄电池组的电压情况设定。车载充电机在额定输入电压、额定负载的状态下，

效率应不低于 90%，功率因数应不低于 0.92。

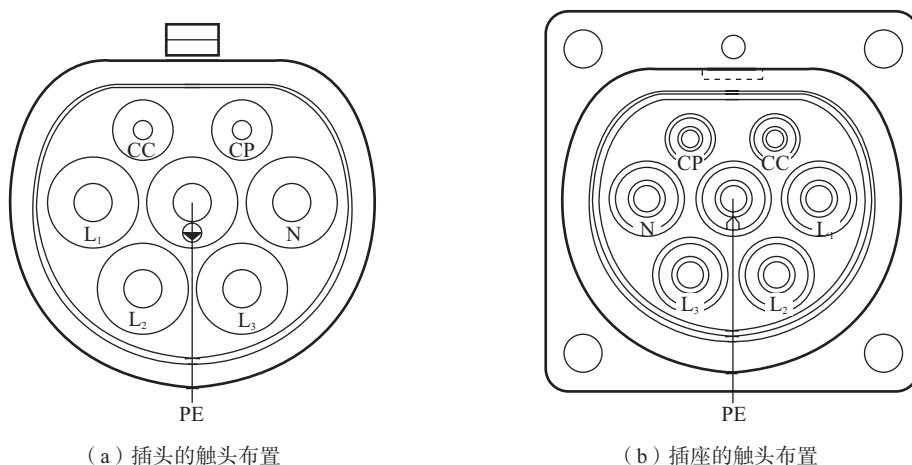
车载充电机的技术参数误差要求：输入电压波动范围为额定输入电压 $\pm 15\%$ ；输入电压频率波动范围为额定频率 $\pm 2\%$ ；车载充电机在恒压输出状态下运行时，其输出电压与设定电压的误差应为 $\pm 1\%$ ；车载充电机在恒流输出状态下运行时，其输出电流与设定电流的误差应为 $\pm 5\%$ ；车载充电机在允许的输出电流的范围内，输出电流的周期和随机偏差不能大于设定电流值的 10%；车载充电机在稳流区间工作时，其稳流精度应小于 1%，在稳压区间工作时，稳压精度应小于 0.5%。

3. 电动汽车车载充电机充电接口

电动汽车车载充电机属于交流充电，其接口应满足交流充电接口的要求。

车载充电机车辆供电插头和插座的触头布置方式如图 6-2-4 所示。

车载充电机车辆供电插头和充电插座如图 6-2-5 所示。



(a) 插头的触头布置

(b) 插座的触头布置

图 6-2-4 车载充电机车辆供电插头和插座的触头布置方式



图 6-2-5 车载充电机车辆供电插头和充电插座

在充电连接过程中，首先接通保护接地触头，最后接通控制确认触头与充电连接确认触头；断开过程相反。车辆充电接口的电气连接界面如图 6-2-6 所示，其供电接口的电气连接界面如图 6-2-7 所示。

4. 电动汽车车载充电机的充电过程

利用车载充电机对电动汽车进行充电的过程如下。

(1) 将车辆插头和插座插合后，车辆的总体设计方案可以自动启动某种触发条件，通过互锁或者其他控制措施使车辆处于不可行驶状态。

(2) 电动汽车车辆控制装置通过测量图 6-2-2 中检测点 3 与 PE 之间的电阻值，判断车辆插头与车辆插座是否已完全连接。

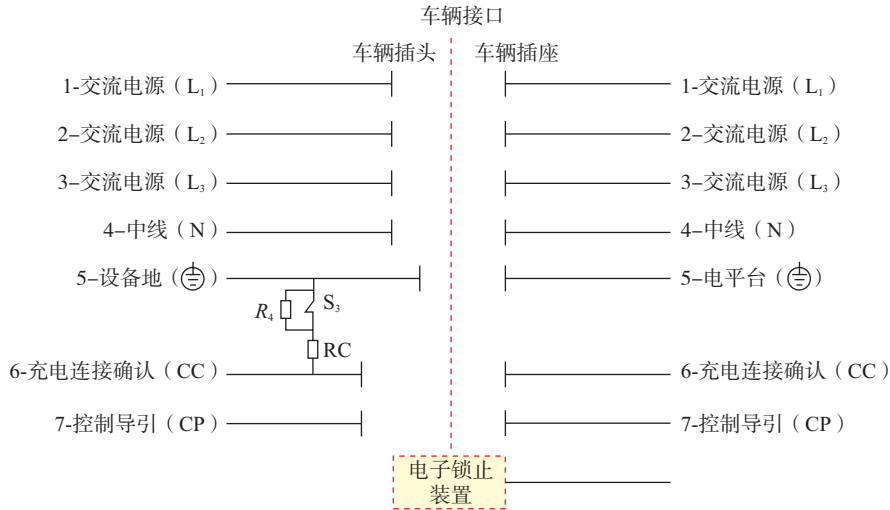


图 6-2-6 车辆充电接口的电气连接界面

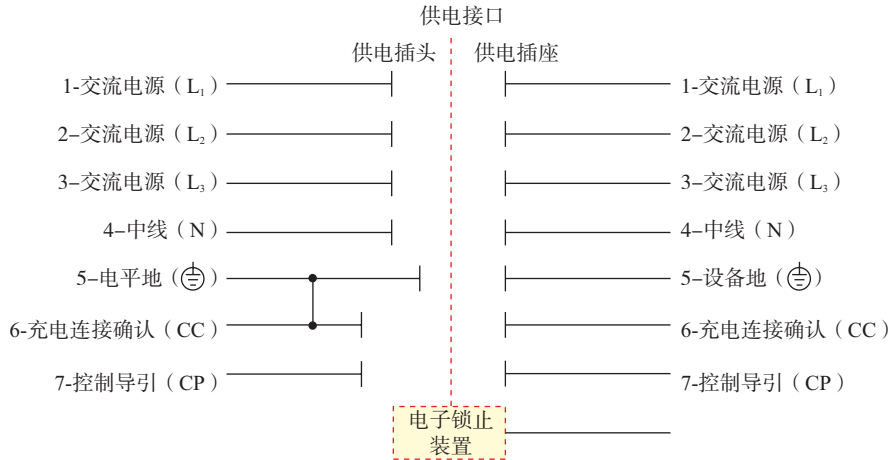


图 6-2-7 车辆供电接口的电气连接界面

(3) 在操作人员对供电设备完成充电启动设置后，如供电设备无故障，并且供电接口已完全连接，则闭合 S_1 ，供电控制装置发出脉冲宽度调制 (PWM) 信号，电动汽车车辆控制装置通过测量图 6-2-2 中检测点 2 的 PWM 信号，判断充电连接装置是否已完全连接。

(4) 在电动汽车和供电设备建立电气连接及车载充电机完成自检后，通过图 6-2-2 中检测点 2 的 PWM 信号确认充电额定电流值；车载充电机给电动汽车控制装置发送充电感应请求信号，同时或延时给车辆控制装置供电；根据充电协议进行信息确认，若需充电，则电动汽车控制装置发送需充电报文并控制充电接触器闭合，车载充电机按所需功率输出。

(5) 车辆控制装置通过判断图 6-2-2 中检测点 2 的 PWM 信号占空比确认供电设备当前能提供的最大充电电流值；车辆控制装置对供电设备、充电连接装置及车载充电机的额定输入电流值进行比较，将其最小值设定为车载充电机当前最大允许输入电流；当判断充电连接装置已完全连接，并完成车载充电机最大允许输入电流设置后，车辆控制装置控制图 6-2-2 中 S_2 闭合，此时 R_2 和 R_3 关联，将检测点 1 处电压拉低，车载充电机检测到监测点 1 处电压降低后，控制 K 闭合，开始对电动汽车进行充电。

(6) 充电过程中，车辆控制装置可以对图 6-2-2 中检测点 3 的电压值 PWM 信号占空比进行监测，供电控制装置可以对图 6-2-2 中检测点 1 的电压值进行监测。

(7) 在充电过程中，当充电完成或者因为其他不满足充电条件时，车辆控制装置发出充电停止信号给车载充电机，车载充电机停止直流输出、CAN 通信和低压辅助电源输出。

二、电动汽车非车载充电机

作为推动电动汽车发展的重要因素，电动汽车充电站这一基础设施的建设显得尤为重要，没有充电站就相当于现在没有加油站，充电站的建设对于提供电动汽车远程旅行，提高续航里程具有非常重要的作用。而作为充电站的核心，非车载充电机是必不可少的。

1. 电动汽车非车载充电机组成

非车载充电机主要由充电机主体和充电终端两个部分组成，如图 6-2-8 所示。充电机主体通过三相输入接触器与电网相连，将交流电转换为输出电压和电流可调的直流电。输出经过充电终端的充电接口与电动汽车的蓄电池相连。充电终端面向用户，并与整流柜控制系统、电池管理系统、充电站监控系统等实现通信。充电终端也有一个单独的 MCU 控制系统，对整个终端进行管理。充电终端包括 IC 卡计费系统、打印系统、人机面板显示系统、电能测量系统，并与整流柜控制系统、电池管理系统、充电站监控系统等实现通信，它们之间的相互间关系如图 6-2-9 所示。

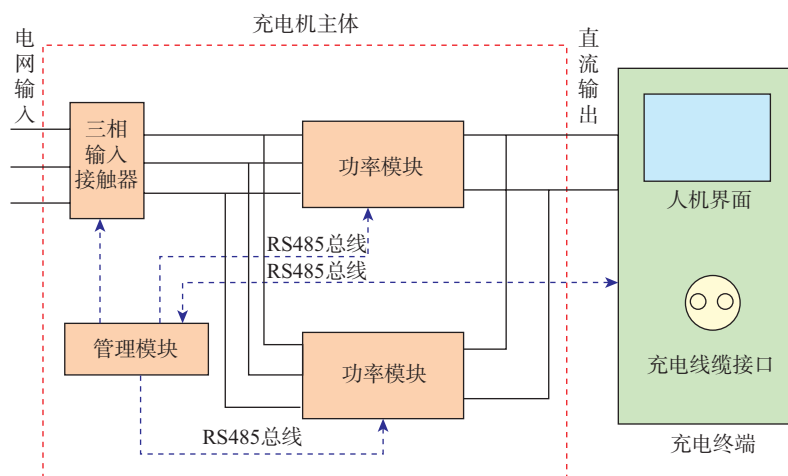


图 6-2-8 非车载充电机系统结构

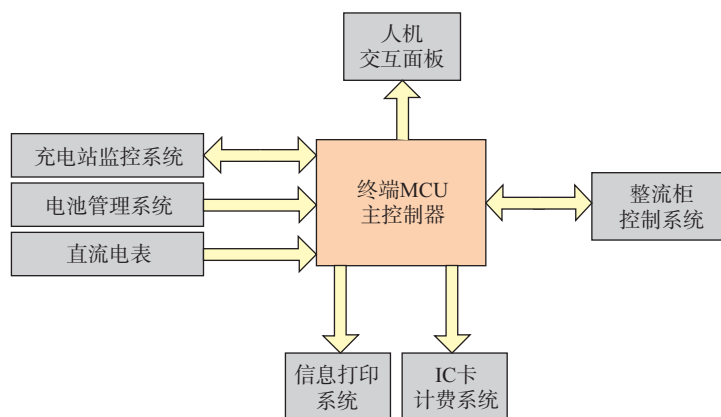


图 6-2-9 非车载充电机充电终端结构

功率模块是非车载充电机中实现能量传递的主体，是充电机中最关键的部件，单个功率模块难以实现充电机的大功率输出，必须选择分布式系统来实现，即多个相同的功率模块并联均流。

人机界面不但要提供给充电时客户所关心的一些信息，还要提供给充电站维护人员一些必要信息，主要有电池类型、充电电压、充电电流、电能量计量信息，单体电池最高 / 最低电压，故障及报警信息等。在充电完成后，需要充电机打印输出交易信息，比如用电量、交易金额及充电时间等。

管理模块和充电终端以及各功率模块进行数据交互，通过 RS485 总线下发正确的充电控制命令和参数设置命令给各功率模块。功率模块作为充电的具体执行模块，按照管理模块下发的命令上传自身参数，或者接受管理模块的命令，设置相关参数完成充电过程。管理模块和功率模块协同工作实现充

电功能。

2. 电动汽车非车载充电机的技术参数

电动汽车非车载充电机输入技术参数见表 6-2-3。

表 6-2-3 电动汽车非车载充电机输入技术参数

输入方式	输入电压额定值 /V	输入电流额定值 /A	频率 /Hz
1	单相 220	$IN \leq 16$	50
2	单相 220/ 三相 380	$16 < IN \leq 32$	
3	三相 380	$IN > 32$	

根据蓄电池组电压等级的范围，非车载充电机输出电压一般分为三级，即 150~350V、300~500V、450~700V。

非车载充电机输出额定电流宜采用 10A、20A、50A、100A、160A、200A、315A、400A、500A。

当非车载充电机的输出功率为额定功率的 50%~100% 时，效率不应小于 90%，功率因数不应小于 0.9。

非车载充电机技术参数误差要求：当交流电源电压在标称值的 $\pm 15\%$ 范围内变化，输出直流电压在规定的相应调节范围内变化时，输出直流电流在额定值的 20%~100% 范围内任一数值上应保持稳定，充电机输出电流精度不应超过 $\pm 1\%$ ；当交流电源电压在标称值的 $\pm 15\%$ 范围内变化，输出直流电压在规定的相应调节范围内任一数值上应保持稳定，充电机输出电压精度不应超过 $\pm 0.5\%$ 。

3. 电动汽车非车载充电机的充电接口

电动汽车非车载充电机车辆插头和插座的触头布置方式如图 6-2-10 所示。

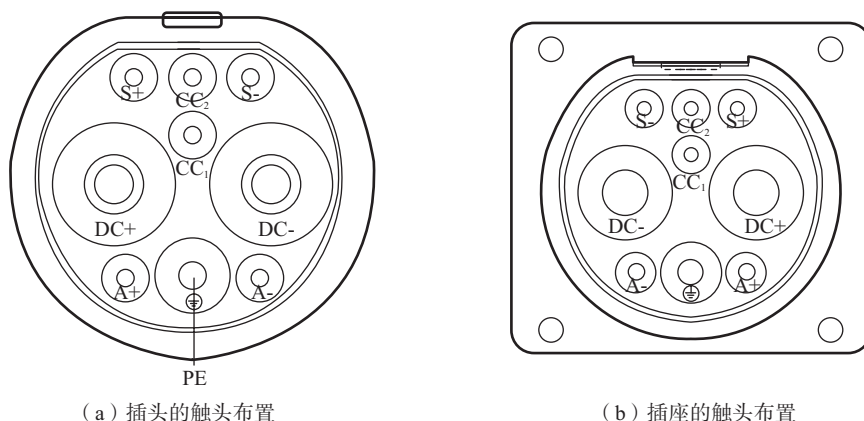


图 6-2-10 电动汽车非车载充电机车辆插头和插座的触头布置方式

非车载充电机车辆供电插头和充电插座如图 6-2-11 所示。

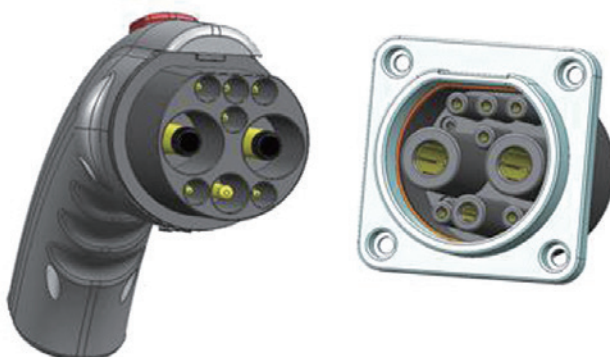


图 6-2-11 非车载充电机车辆供电插头和充电插座

车辆插头和车辆插座在连接过程中触头耦合的顺序为：保护接地，直流电源正、直流电源负、车辆端连接确认，低压辅助电源正与低压辅助电源负，充电通信与供电端连接确认；在脱开的过程中则顺序相反。非车载充电机直流充电接口的连接界面如图 6-2-12 所示。

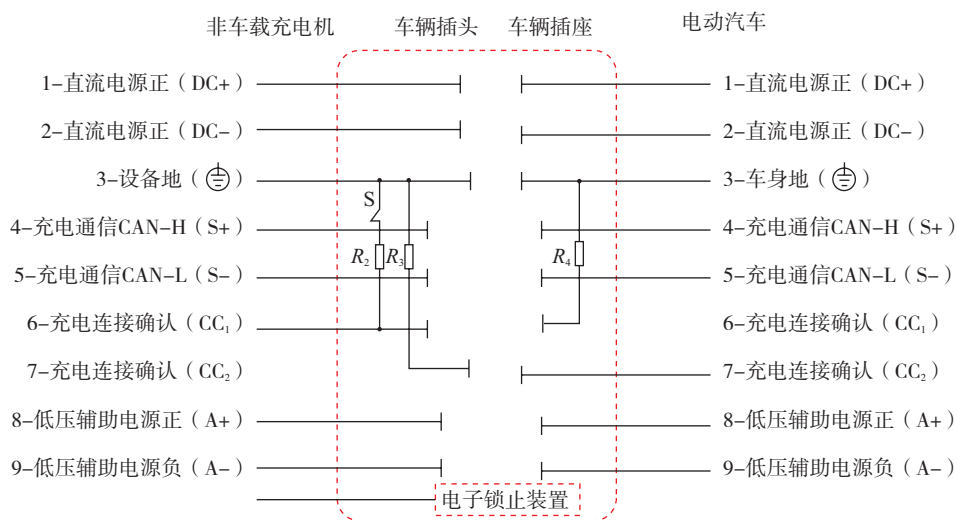


图 6-2-12 非车载充电机直流充电接口的连接界面

4. 电动汽车非车载充电机的充电过程

非车载充电机直流充电安全保护系统基本方案如图 6-2-13 所示，包括非车载充电机控制装置，电阻 R_1 、 R_2 、 R_3 、 R_4 、 R_5 ，开关 S ，直流供电回路接触器 K_1 和 K_2 （可以仅设置 1 个）、低压辅助供电回路接触器 K_3 和 K_4 （可以仅设置 K_3 ）、充电回路接触器 K_5 和 K_6 （可以仅设置 1 个），电子锁以及车辆控制装置，其中车辆控制装置可以集成在电池管理系统中。

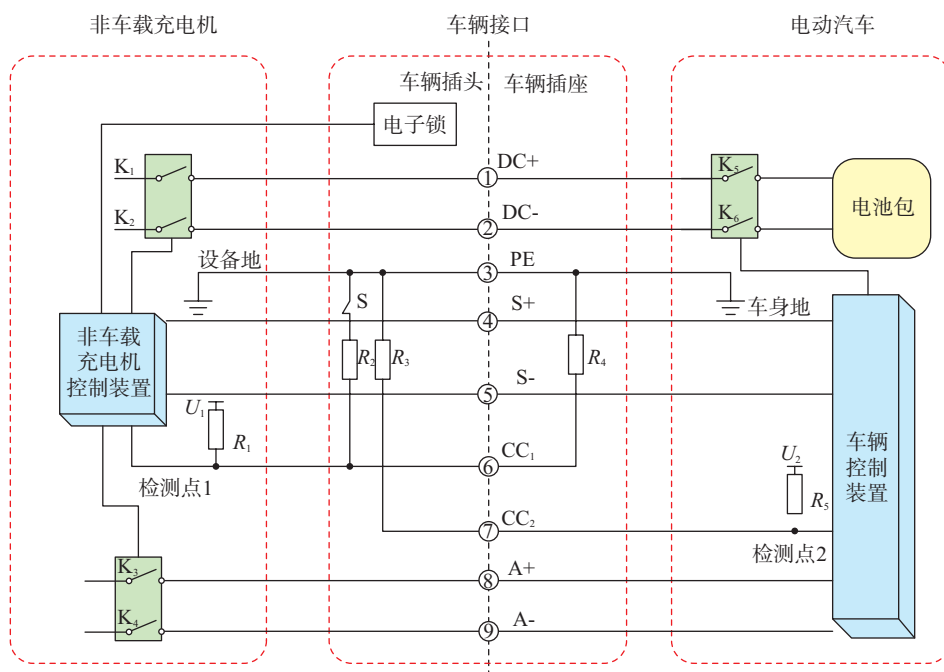


图 6-2-13 非车载充电机直流充电安全保护系统基本方案

电阻 R_2 和 R_3 安装在车辆插头上，电阻 R_4 安装在车辆插座上。开关 S 为车辆插头的内部常闭开关，当车辆插头和车辆插座完全连接后，开关 S 闭合。在整个充电过程中，非车载充电机控制装置应能监测接触器 K_1 、 K_2 ，接触器 K_3 、 K_4 ，以及电子锁状态，并控制其接通和关断；电动汽车车辆控制装置应能

监测接触器 K_5 和 K_6 状态并控制其接通及关断。

利用非车载充电机对电动汽车进行充电的过程如下。

(1) 将车辆插头和插座插合后，车辆的总体设计方案可以自动启动某种触发条件，通过互锁或者其他控制措施使车辆处于不可行驶状态。

(2) 操作人员对非车载充电机进行充电设置后，非车载充电机控制装置通过测量检测点 1 的电压值判断车辆插头与车辆插座是否已完全连接，如检测点 1 的电压值为 4V，则判断车辆接口完全连接，非车载充电机控制电子锁锁止。

(3) 在车辆接口完全连接后，如非车载充电机完成自检，则闭合接触器 K_3 和 K_4 ，使低压辅助供电回路导通，同时开始周期发送“充电机辨识报文”；在得到非车载充电机提供的低压辅助电源供电后，车辆控制装置通过测量检测点 2 的电压值判断车辆接口是否已完全连接；如检测点 2 的电压值为 6V，则车辆控制装置开始周期发送“车辆控制装置（或电池管理系统）辨识报文”，该信号也可以作为车辆处于不可行驶状态的触发条件之一。

(4) 车辆控制装置与非车载充电机控制装置通过通信完成握手和配置后，车辆控制装置闭合接触器 K_5 和 K_6 ，使充电回路导通；非车载充电机控制装置闭合接触器 K_1 和 K_2 ，使直流供电回路导通。

(5) 在整个充电阶段，车辆控制装置通过向非车载充电机控制装置实时发送充电级别需求来控制整个充电过程，非车载充电机控制装置根据电池充电级别需求来调整充电电压和充电电流以确保充电正常进行，此外，车辆控制装置和非车载充电机控制装置还相互发送各自的状态信息。

(6) 车辆控制装置根据电池系统是否达到满充状态或是否收到“充电机中止充电报文”来判断是否结束充电。在满足以上充电结束条件时，车辆控制装置开始周期发送“车辆控制装置（或电池管理系统）中止充电报文”，在一定时间后断开接触器 K_5 和 K_6 ；非车载充电机控制装置开始周期发送“充电机中止充电报文”，并控制充电机停止充电，之后断开接触器 K_1 、 K_2 、 K_3 和 K_4 ，然后电子锁解锁。

三、充电系统常见故障

1. 直流充电故障

GB/T 27930-2015 充电无法启动，充电跳枪，充电结束后 SOC 不复位。

故障原因：

- ① 电池故障（电压、温度、绝缘等异常）
- ② BMU 故障（充电模块或充电 CAN 异常）
- ③ 主负、充电继电器异常
- ④ CC1 对地电阻、CC2 对地电压异常
- ⑤ PE 地异常

处理方法：

- ① 排除电池故障
- ② 修复 / 更换失效部件
- ③ 截存充电报文，分析故障原因。

2. 交流充电故障

故障原因：

- ① 电池故障（电压、温度、绝缘等异常）
- ② BMU 故障（充电模块或充电 CAN 异常）
- ③ 主负、充电继电器异常
- ④ CC 对地电阻、CP 对地电压异常
- ⑤ PE 地异常

处理方法：

- ① 排除电池故障
- ② 修复 / 更换失效部件
- ③ 截存充电报文，分析故障原因。

3 第三节 北汽电动汽车充电系统

北汽电动汽车充电系统分为常规充电（俗称慢充）及快速充电（俗称快充）两种方式。

一、慢充系统

慢充系统使用交流 220V 单相民用电，通过整流变换，将交流电变换为高压直流电给动力电池进行供电。慢充系统主要部件：供电设备（电缆保护盒、充电桩 & 充电线等）、慢充接口、车内高压线束、高压配电箱、车载充电机、动力电池等。构成简图如图 6-3-1 所示。

1. 车载充电器

车载充电机如图 6-3-2 所示，相对于传统工业电源，具有效率高、体积小、耐受恶劣工作环境等特点。车载充电机工作过程中需要协调充电桩、BMS 等部件。

车载充电机电路如图 6-3-3 所示，端子定义如图 6-3-4 所示。

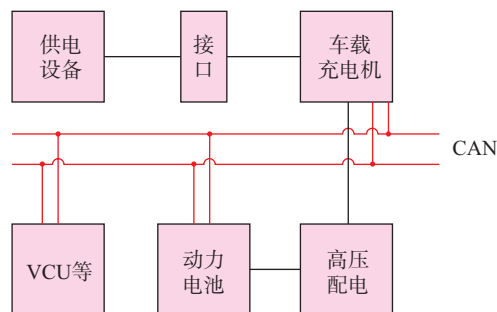


图 6-3-1 充电系统构成简图



图 6-3-2 车载充电机

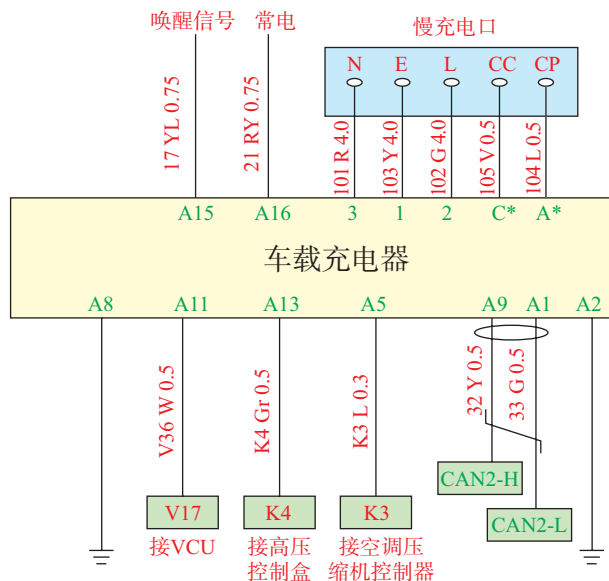


图 6-3-3 车载充电机电路



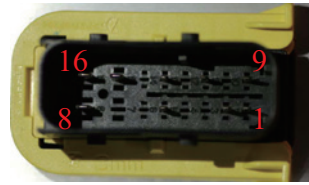
交流输入端

- A 脚：电源负极
- B 脚：电源正极
- 1 脚：L（交流电源）
- 2 脚：N（交流电源）
- 3 脚：PE（车身地（搭铁））
- 4 脚：空
- 5 脚：CC（充电连接确认）
- 6 脚：CP（控制确认线）



直流输出端

- A 脚：电源负极
- B 脚：电源正极



低压控制端

- 1 脚：新能源 CAN_L
- 2 脚：新能源 CAN_GND
- 5 脚：互锁输出（到高压盒低压插件）
- 8 脚：GND
- 9 脚：新能源 CAN_H
- 11 脚：CC 信号输出
- 13 脚：互锁输入（到空调压缩机低压插件）
- 15 脚：12V+ OUT
- 16 脚：12V+ IN

图 6-3-4 车载充电机端子定义

2. 车载充电机工作流程

车载充电机工作流程如下：

- (1) 交流供电
- (2) 低压唤醒整车控制系统
- (3) BMS 检测充电需求
- (4) BMS 给车载充电机发送工作指令并闭合继电器
- (5) 车载充电机开始工作，进行充电
- (6) 电池检测充电完成后，给车载充电机发送停止指令
- (7) 车载充电机停止工作
- (8) 电池断开继电器

二、快充系统

快充系统一般使用工业 380V 三相电，通过功率变换后，直接将高压大电流通过母线直接给动力电池进行充电。快充系统主要部件：电源设备（快充桩）、快充接口、车内高压线束、高压配电箱、动力电池等。构成简图如图 6-3-5 所示。

快充口电路如图 6-3-6 所示，线束端口如图 6-3-7 所示。

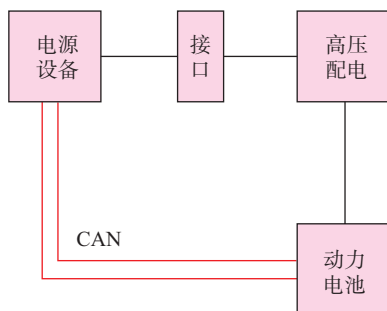


图 6-3-5 快充系统构成简图

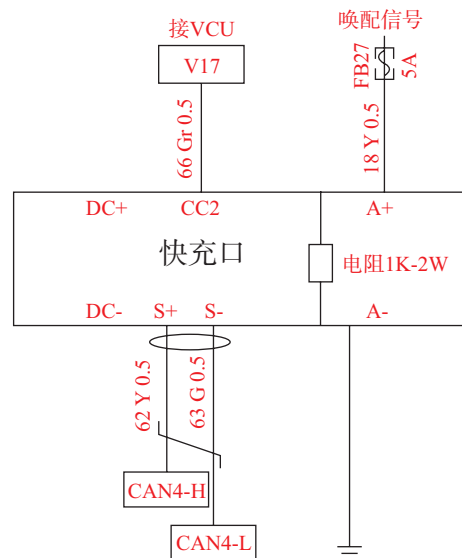


图 6-3-6 快充口电路

在高压控制盒内有快充继电器，如图 6-3-7 所示，快充继电器不闭合，则无法快充。

接整车低压线束脚

- 1 脚：A-（低压辅助电源负极）
- 2 脚：A+（低压辅助电源正极）
- 3 脚：CC2（充电连接器确认）
- 4 脚：S+（充电通信 CAN_H）
- 5 脚：S-（充电通信 CAN_L）



车身搭铁点



接高压盒

- 1 脚：电源负极
- 2 脚：电源正极
- 中间为互锁端子



图 6-3-7 线束端口



第四节 比亚迪电动汽车充电系统

一、结构组成

秦电动车有直流充电和交流充电两种充电方式，系统框架如图 6-4-1 所示。充电系统主要由交流充电口、直流充电口、高压电控总成、动力电池包、电池管理器等部分组成。

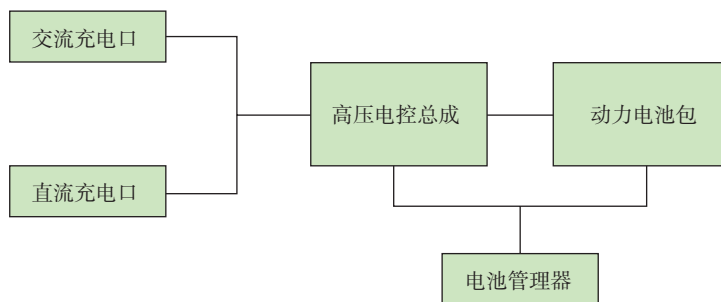


图 6-4-1 秦电动车充电系统框架

交流充电主要是通过交流充电桩、壁挂式充电盒（如图 6-4-2 所示）以及家用供电插座接入交流充电口，通过高压电控总成将交流电转为 650V 直流高压电给动力电池充电。



图 6-4-2 壁挂式充电盒

直流充电主要是通过充电站的充电柜将直流高压电直接通过直流充电口给动力电池充电。

充电系统主要组成部分：交流充电口、直流充电口、高压电控总成、动力电池包、电池管理器。

充电口隐藏在中央格栅后面，如图 6-4-3 所示，充电接口有照明灯。交流充电口线束如图 6-4-4 所示，直流充电口线束如图 6-4-5 所示。



图 6-4-3 比亚迪充电口



图 6-4-4 交流充电口线束

图 6-4-5 直流充电口线束

二、基本原理

充电系统电路如图 6-4-6 所示。

1. 交流充电原理

(1) 单相交流充电

当充电枪对接完毕后，BMS 通过 CP、CC 检测到充电枪接触良好，并且交流充电桩、壁挂式充电盒接地线正常，则接通交流充电接触器，同时将充电连接信号传递给高压电控总成的 GTOV，GTOV 通过检测为单相交流电，则唤醒高压电控总成的 OBC，OBC 工作将交流电转化成直流电。

BMS 检测电池的各项参数，通过 CAN 线控制 OBC 工作状态，当 BMS 检测到电池充满后，通过 CAN 线控制 OBC 停止工作，同时断开交流充电接触器。同时通过 CP 线将信息传递给交流充电桩或壁挂式充电盒，交流充电桩或壁挂式充电盒切断电力供应。

在充电过程中，BMS 时刻检测充电接头处的温度，当温度高于设定值时，停止充电工作。

(2) 三相交流充电

当充电枪对接完毕后，BMS 通过 CP、CC 检测到充电枪接触良好，并且交流充电桩、接地线正常，则接通交流充电接触器，同时将充电连接信号传递给高压电控总成的 GTOV，GTOV 通过检测为三相交流电，则不唤醒高压电控总成的 OBC，OBC 不工作，由 GTOV 将三相交流电转化成直流电，这种功能称为反向直冲功能，其所利用的核心电子部件为电动机能量回收整流部件。

BMS 检测电池的各项参数，通过 CAN 线控制 GTOV 工作状态，当 BMS 检测到电池充满后，通过 CAN 线控制 GTOV 停止工作，同时断开交流充电接触器。同时通过 CP 线将信息传递给交流充电桩，交流充电桩切断电力供应。

在充电过程中，BMS 时刻检测充电接头处的温度，当温度高于设定值时，停止充电工作。

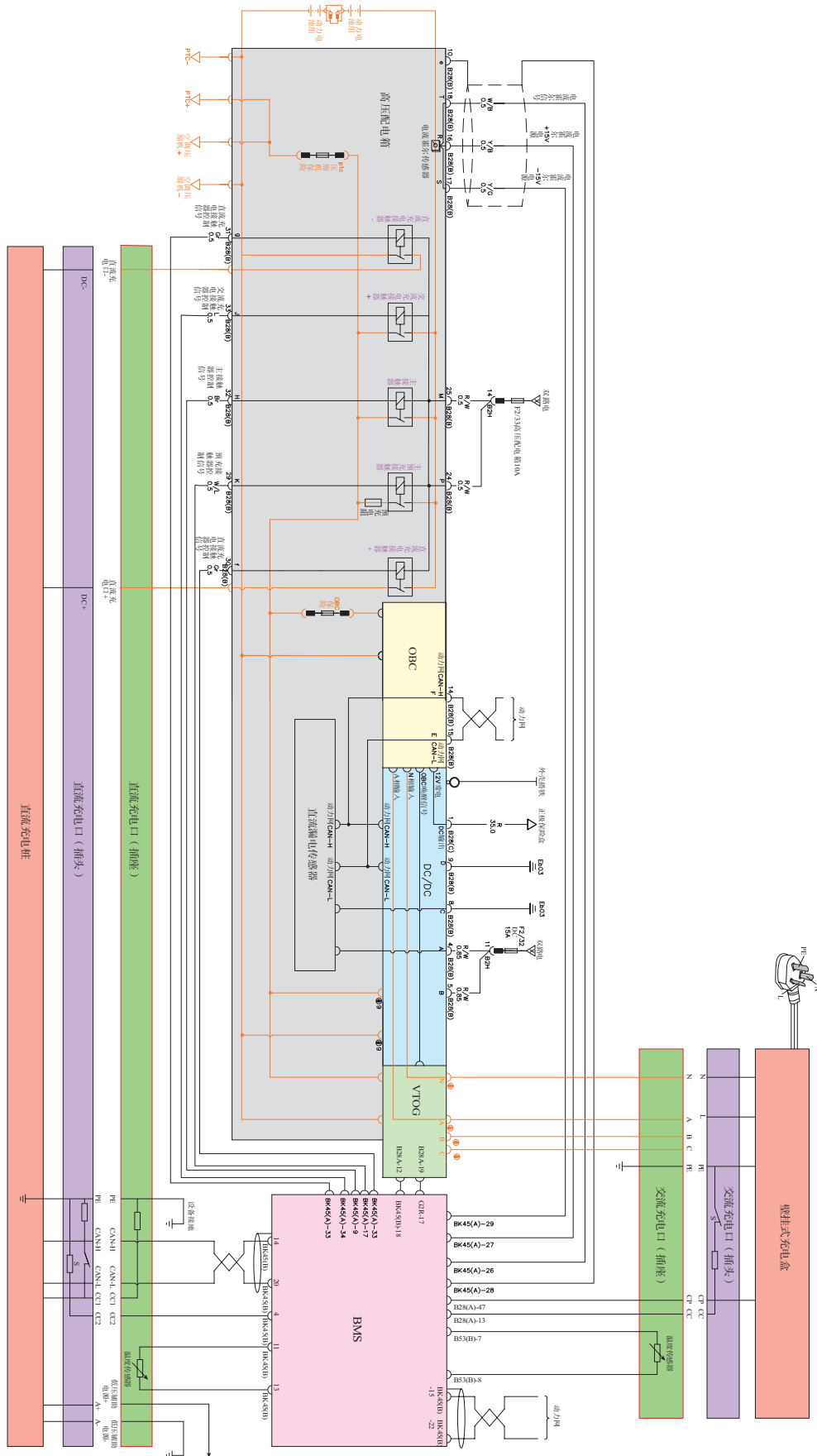


图 6-4-6 充电系统电路图

2. 直流充电原理

当充电枪对接完毕后，充电桩通过 A+、A- 向低压辅助继电器提供 12V 直流电，低压辅助继电器接通后，向 BMS 等控制模块提供电源。

BMS 工作，通过 CC1、CC2 检测到充电枪接触良好，控制正负直流充电接触器闭合使直流供电回路导通，充电桩为电池充电。

在整个充电阶段，BMS 通过 CAN 线向充电桩实时发送充电级别需求来控制整个充电过程，充电桩根据电池充电级别需求来调整充电电压和充电电流以确保充电正常进行，此外，BMS 和充电桩还相互发送各自的状态信息。

在充电过程中，BMS 时刻检测充电接头处的温度，当温度高于设定值时，则断开正负直流充电接触器，停止充电工作。

三、故障检测

1. 交流无法充电

故障原因：充电盒故障或充电盒接地线不良、充电枪接触不良、电动汽车充电口及线路故障、BMS 故障、交流充电接触器故障、若 BMS 电感信号线故障、高压电控总成故障。

检测：首先读取故障码，若有故障码则按故障码维修。

若不能读取故障码则首先检查充电盒是否存在故障或充电盒接地线是否不良，然后检查交流充电线束接线是否良好，然后检查交流充电接触器是否接触，若不能接触则检查接触器线圈控制线路，若线路正常则为 BMS 故障。

若交流充电接触器工作则高压电控总成电感信号线电压应为 1V 以下，若电压不正常说明 BMS 故障，若电压正常说明高压电控总成故障。

2. 直流无法充电

故障原因：电动汽车充电口及线路故障、BMS 故障、正负直流充电接触器故障。

检测：

(1) 取故障码，若有故障码则按故障码维修。

(2) 检查直流充电口总成高低压线束，线束应无断路现象，其中 CC1 和接地线束之间电阻应为 $1K\Omega \pm 30\Omega$ 。

(3) 检查正负直流充电接触器及其线圈控制线束。

(4) 若以上正常，则为 BMS 故障。



第五节 帝豪 EV450 充电系统

一、结构

充电系统从功能上分为快充、慢充、低压充电、制动能量回收四项。快充功能由直流充电口（带高压线束）、动力电池部件组成，慢充功能由交流充电口（带高压线束）、交流充电插座、交流充电插头、动力电池、车载充电机（如配备）部件组成、低压充电功能由铅酸蓄电池、电机控制器、分线盒、动力电池以下部件组成，能量回收功能由制动开关、动力电池、驱动电机、整车控制器、高压线束部件组成。充电系统部件位置如图 6-5-1 所示。

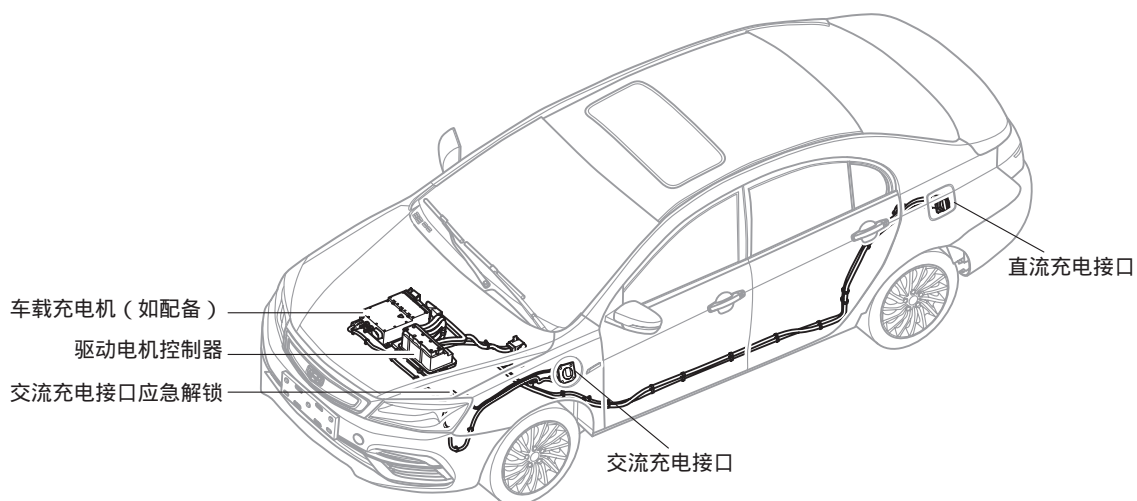


图 6-5-1 充电系统部件位置

1. 充电接口

交流充电口安装在车上左前翼子板上，直流充电口安装在车身左后侧。充电时，根据选择的充电类型，连接交流充电插头或者直流充电插头到相应的充电插座，连接正确后开始充电。充电口连接后形成检测回路，当出现连接故障时，系统可以检测该故障。

2. 充电指示灯

充电指示灯位于车辆充电接口上方（如图 6-5-2 所示），用于指示不同的充电状态。任意电源档位，当 BCM 收到



图 6-5-2 充电指示灯

BMS 的充电状态信息时，驱动充电指示灯工作，显示充电状态。充电指示灯状态显示定义如表 6-5-1 所示。

表 6-5-1 充电指示灯状态显示定义

颜色	状态	说明
白色	常亮 2 分钟	充电照明
黄色	常亮 2 分钟	充电加热
绿色	闪烁 2 分钟	充电过程
蓝色	常亮 2 分钟	预约充电
绿色	常亮 2 分钟	充电完成
红色	常亮 2 分钟	充电故障
蓝色	闪烁 2 分钟	放电过程

显示信号中“正在充电”状态显示为即时显示，“充电完成、充电故障”显示为延时关闭——即收到相应的状态信号时显示相应的状态 15 分钟后自动熄灭，期间若充电状态变化（如由“充电故障”变为“正在充电”状态）则立即切换为相应的状态。充电指示灯由 BMS 信号提供给 BCM，BCM 控制指示灯状态。充电指示灯控制流程如图 6-5-3 所示。

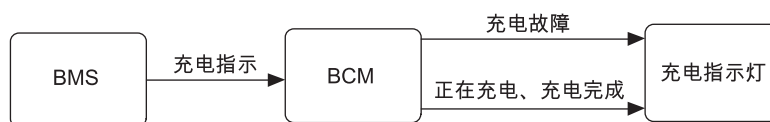


图 6-5-3 充电指示灯控制流程图

3. 充电口照明灯

充电照明灯为白色，直接由 BCM（BCM）控制。充电口照明灯控制逻辑如下：

- (1) 当高压电池处于未充电的状态时，充电口盖打开，BCM 立即驱动充电口照明灯工作 3 分钟，工作期间检测到充电枪插入 3 秒后停止驱动或充电口盖关闭则立即停止驱动充电口照明灯。
 - (2) 当充电口盖为打开状态，车门状态由关闭变为打开状态，BCM 立即驱动充电口照明灯工作 3 分钟，工作期间当高压电池转变为充电状态 3 秒后停止驱动或充电口盖关闭则立即停止驱动充电口照明灯。
 - (3) OFF 档时，当充电口盖为打开状态，BCM 接收到 PEPS 发送的解锁信息，则立即驱动充电口照明灯工作 3 分钟，工作期间如收到车辆上锁信息或充电口盖变为关闭状态则立即驱动充电口照明灯熄灭；
 - (4) OFF 档时，当充电口盖为打开状态，BCM 接收到 PEPS 发送的遥控寻车信息，则立即驱动充电口照明灯工作 3 分钟，工作期间如收到车辆上锁信息延迟 3 秒后熄灭或充电口盖变为关闭状态则立即驱动充电口照明灯熄灭；
 - (5) 任意情况下，充电口盖关闭或车速大于 2Km/h 则立即停止驱动充电口照明灯。
- 充电口照明灯控制流程如图 6-5-4 所示。

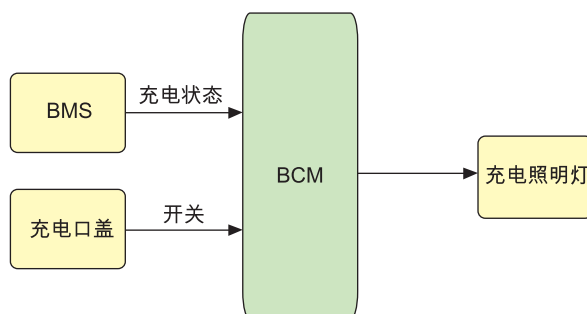


图 6-5-4 充电口照明灯控制流程图

4. 家用随车充电接口

家用随车充电接口随车配备，用于家用随车充电包交流充电（应急充电）。家用随车充电接口如图 6-5-5 所示。

在充电接口上有充电枪指示灯，可以通过不同的指示灯显示状态反映当前的充电信息，随车充电枪故障显示及处理机制如下表 6-5-2 所示。



图 6-5-5 家用随车充电接口

表 6-5-2 充电枪指示灯故障显示及处理机制

显示区域	显示状态	状态说明	处理机制
	蓝色常亮	电源指示	-
	绿色循环闪烁	正在充电	-
	全部绿色常亮	充电完成	-
	全部绿色闪烁	未连接	将枪头重新插入充电座
	红色闪烁	漏电保护	重新插入充电枪
	红色闪烁	过流保护	-
	红色闪烁	过压 / 欠压保护	-
	红色闪烁	通讯异常	重新插入充电枪
	红色常亮	未接地	检查接地
	红色常亮	电源故障	检查交流电源

5. 充电锁

为防止车辆充电过程中充电枪丢失，车辆具有充电枪锁功能。充电枪插入充电接口后，只要驾驶员按下智能钥匙闭锁按钮，充电枪防盗功能将开启；BCM 收到智能钥匙的闭锁信号后通过 CAN 总线将该信号传递到车载充电机，车载充电机将控制充电枪锁止电机锁止充电枪，此时充电枪无法拔出。如要拔出充电枪，需先按下智能钥匙解锁按钮，解锁充电枪。充电锁控制流程如图 6-5-6 所示。

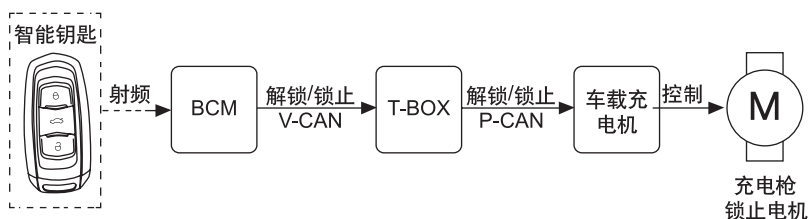


图 6-5-6 充电锁控制流程图

二、系统工作原理

帝豪 EV450 充电系统控制框架如图 6-5-7 所示。

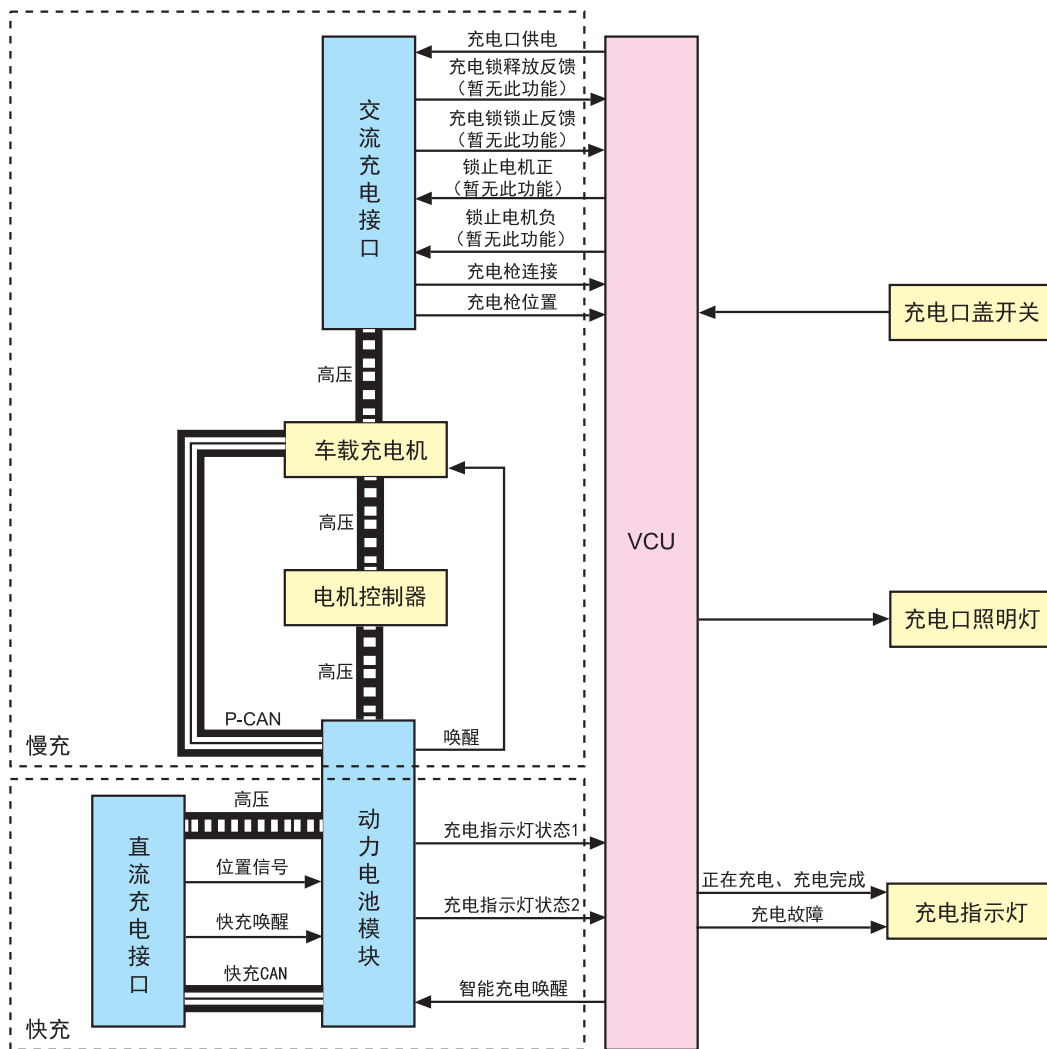


图 6-5-7 帝豪充电系统控制框架图

1. 快充（直流高压充电）

帝豪 EV450 高压直流充电电路如图 6-5-8 所示，当直流充电设备接口连接到整车直流充电口，直流充电设备发送充电唤醒信号给 BMS，BMS 根据动力电池的可充电功率，向直流充电设备发送充电电流指令。同时，BMS 吸合系统高压正极继电器和高压负极继电器，动力电池开始充电。

充电时间：48 分钟可充电 80%。

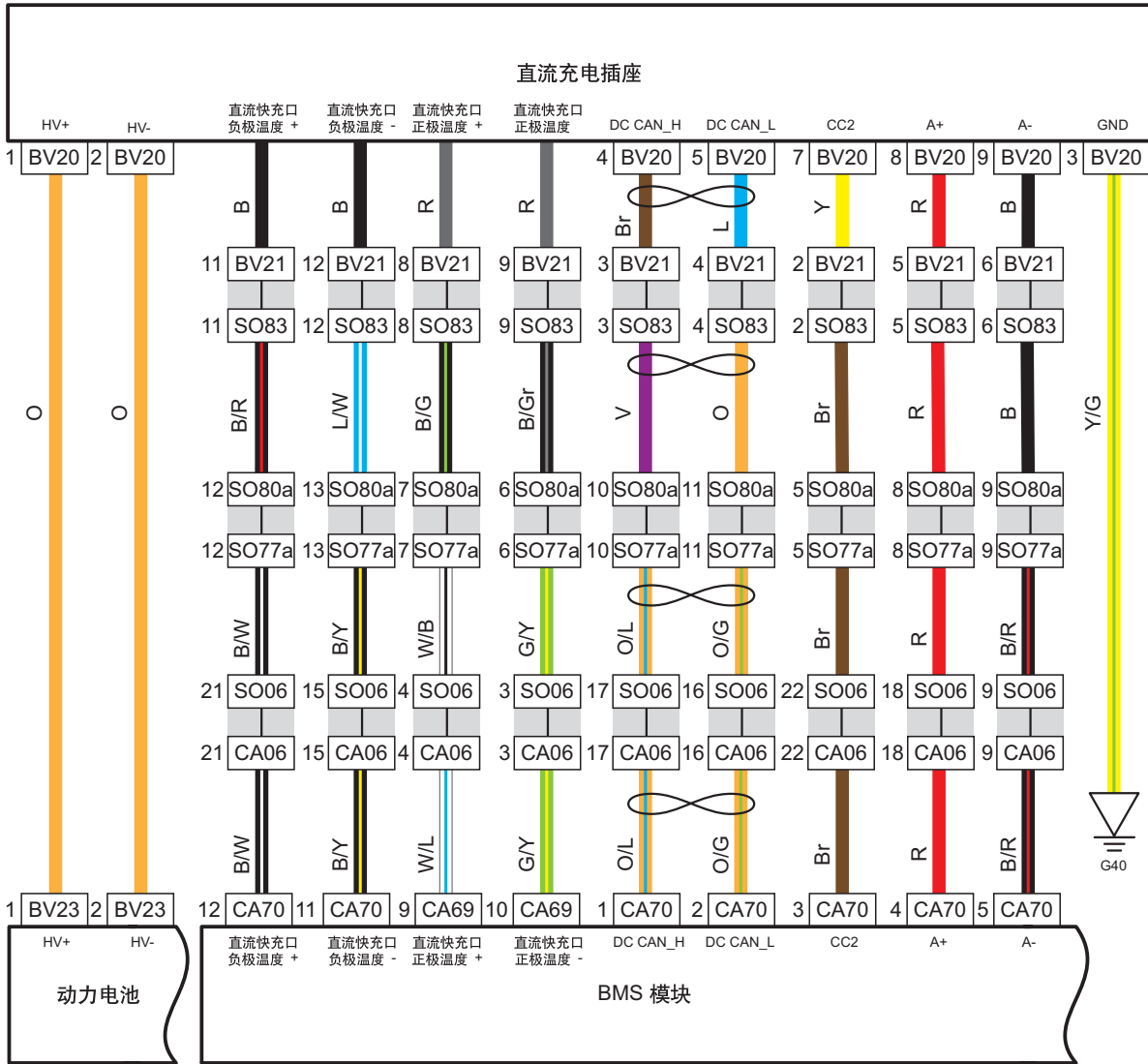


图 6-5-8 高压直流充电电路图

2. 慢充（交流高压充电）

帝豪 EV450 高压直流充电电路如图 6-5-9、6-5-10 所示，车载充电机低压线束连接器（BV10）如图 6-5-11 所示，其端子含义如表 6-5-3 所示。

当车辆处于交流充电模式下，车载充电机检测交流充电接口的 CC、CP 信号（充电枪插入、导通信号）并唤醒 BMS，BMS 唤醒车载充电机并发送指令充电，同时闭合主继电器，动力电池开始充电。

充电时间：预估 13h ~ 14h 可充满。

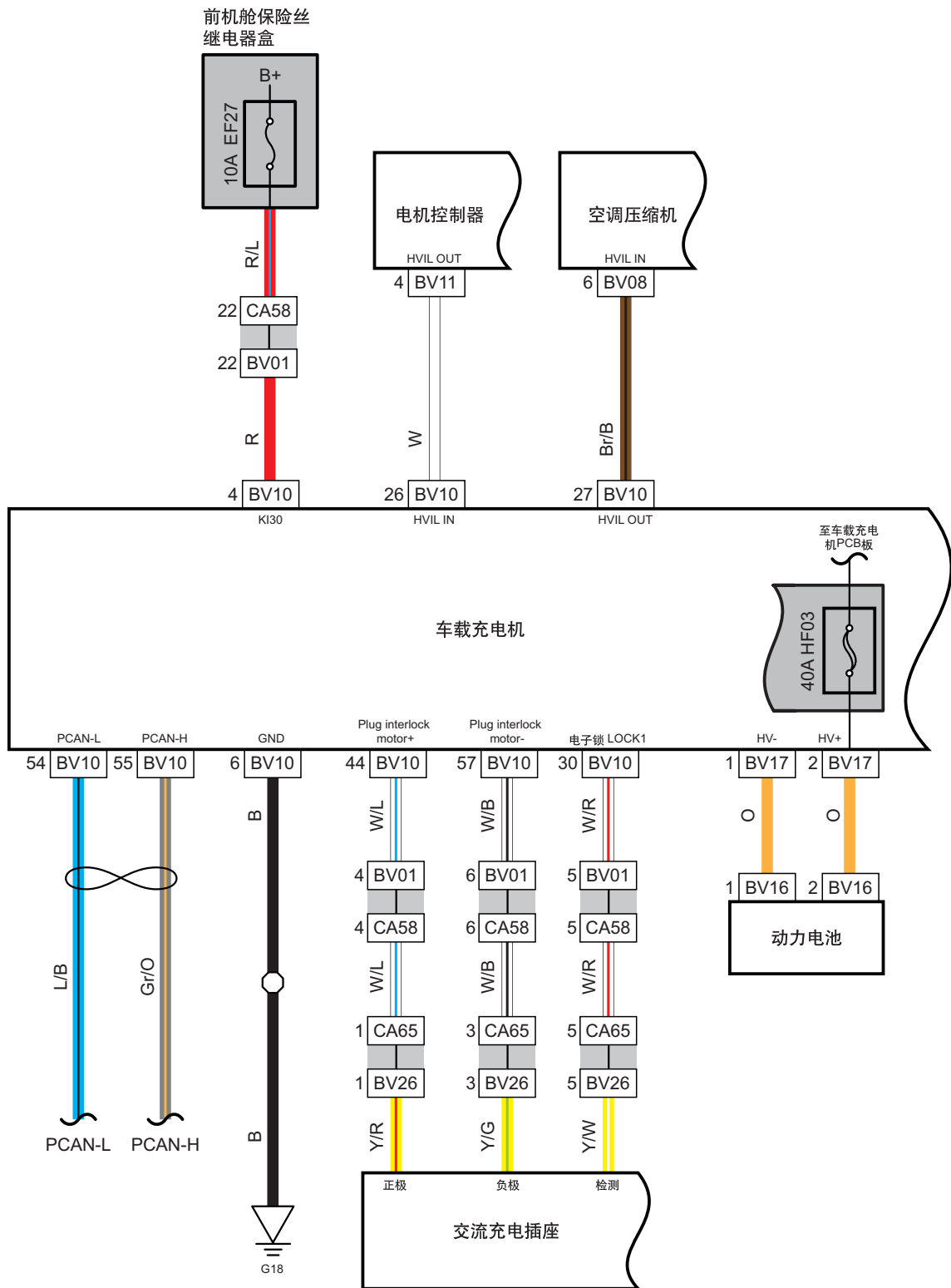


图 6-5-10 低压交流充电电路图 (2)

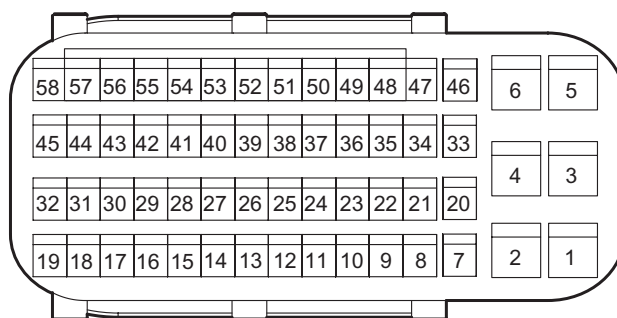


图 6-5-11 车载充电机低压线束连接器

表 6-5-3 车载充电机低压线束连接器端子含义

端子号	端子定义	颜色	端子状态	规定条件(电压、电流、波形)
1	-	-	-	-
2	-	-	-	-
3	-	-	-	-
4	KL30 R	KL30 R	-	-
5	-	-	-	-
6	接地	B	-	-
7	-	-	-	-
8	-	-	-	-
9	-	-	-	-
10	-	-	-	-
11	-	-	-	-
12	-	-	-	-
13	-	-	-	-
14	-	-	-	-
15	-	-	-	-
16	-	-	-	-
17	充电口温度检测 1 地	B/W	-	-
18	-	-	-	-
19	唤醒 0.5	Y/B	慢充唤醒信号	-
20	-	-	-	-
21	-	-	-	-
22	-	-	-	-
23	-	-	-	-
24	-	-	-	-
25	-	-	-	-
26	高压互锁入	W	-	-
27	高压互锁出	Br/B	-	-
28	-	-	-	-
29	-	-	-	-
30	电子锁状态	W/R	-	-
31	-	-	-	-
32	-	-	-	-

端子号	端子定义	颜色	端子状态	规定条件(电压、电流、波形)
33	-	-	-	-
34	充电口温度检测 1	B/Y		
35	-	-	-	-
36	-	-	-	-
37	-	-	-	-
38	-	-	-	-
39	CC 信号检测	O	-	-
40	-	-	-	-
41	对应灯具 2 脚	P/B	-	-
42	-	-	-	-
43	-	-	-	-
44	电子锁正极	W/L	-	-
45	-	-	-	-
46	-	-	-	-
47	对应灯具 3 脚	L	-	-
48	-	-	-	-
49	对应灯具 4 脚	O/G	-	-
50	CP 信号检测	V/B	-	-
51	-	-	-	-
52	-	-	-	-
53	-	-	-	-
54	CAN-L	L/B	-	-
55	CAN-H	Gr/O	-	-
56	-	-	-	-
57	电子锁负极	W/B	-	-
58	-	-	-	-

3. 制动能量回收

能量回收系统是在车辆滑行或制动过程中，驱动电机从驱动状态转变成发电状态，将车辆的动能转换为电能储存在动力电池中。

车辆在滑行或制动时，VCU 根据当前动力电池状态和制动踏板位置信号，计算能量回收扭矩并发送指令给电机控制器，启动能量回收。制动能量回收传递路线与能量消耗相反，如图 6-5-12 所示。

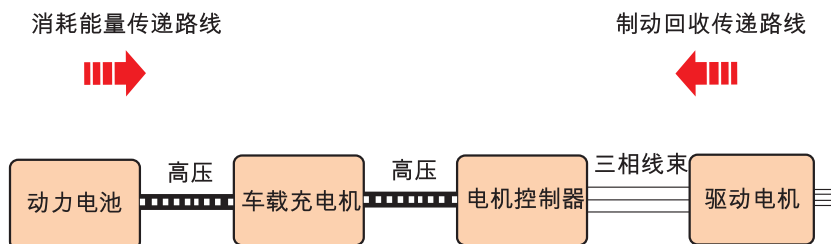


图 6-5-12 制动能量回收传递路线

三、诊断

1. 相关故障代码（表 6-5-4）

表 6-5-4 相关故障代码

故障诊断代码	说明
U300616	控制器供电电压低
U300617	控制器供电电压高
U007300	CAN 总线关闭
U011287	与高压电池控制器通讯丢失
U021487	与 PEPS 控制器通讯丢失
U015587	与组合仪表通讯丢失
U012287	与车身稳定系统通讯丢失
U014687	与网关通讯丢失
P1A8019	直流输出电流过高
P1A8017	OBC 关闭由于输入电压过高
P1A8016	OBC 关闭由于输入电压过低
P1A8403	CP 在充电机的内部测试点占空比异常
P1A841C	CP 在充电机的内部 6V 测试点电压异常。（S2 关闭以后）
P1A851C	CP 在充电机的内部 9V 测试点电压异常。（S2 关闭以前）
P1A8538	CP 在充电机的内部测试点频率异常。（S2 关闭以前）
P1A8617	输出电压过高关机
P1A8616	输出电压过低关机
P1A8698	温度过高关机
P1A8719	输入过载
P1A8806	自检故障
P1A8898	交流插座过温关机
P1A8811	充电机输出短路故障
P1A8998	热敏电阻失效故障
P1A881C	充电连接故障

2. 故障诊断数据流列表（表 6-5-5）

表 5-5-5 故障诊断数据流列表

DID 描述	正常范围	单位
ECU Power Voltage ECU 电压	9~16	V
Occurrence Counter 故障发生计数器	0~255	time
The Odometer Of First Malfunction 第一次发生故障时汽车里程	/	Km
The Odometer Of Last Malfunction 最后一次发生故障时汽车里程	/	Km
Charger handle detected CC 检测	/	/
Pilot control signal detected CP 检测	/	/
Locking motor status 电子锁马达状态	/	/
Actual input current from AC Grid 电网输入电流	0~16	A

Actual input voltage from AC Grid 电网 输入电压	0~264	V
DID 描述	正常范围	单位
Actual output current from charger 充电 机输出电流	0~12	A
Actual output voltage from charger 充电 机输出电压	0~420	V
CP voltage 引导电路电压	0~16	V
CP duty 引导电路占空比	0~100	%
CP Frequency 引导电路周期	0~1050	Hz

3. 车载充电机低压电源故障或车载充电机内部故障

车载充电机低压电源故障或车载充电机内部故障检测步骤如下：

- (1) 用诊断仪访问车载充电机，检查是否输出了 DTC，若有，根据输出的 DTC 维修电路。
- (2) 测量蓄电池电压，电压标准值应为 11-14 V，否则给蓄电池充电或检查充电系统。
- (3) 检查车载充电机保险丝 EF27 及线路。
- (4) 检查车载充电机接地线路。
- (5) 若以上正常，则更换车载充电机

4. 车载充电机通讯故障

车载充电机通讯故障检测步骤如下：

- (1) 用诊断仪访问车载充电机，检查是否输出了 DTC，若有，根据输出的 DTC 维修电路。
- (2) 测量蓄电池电压，电压标准值应为 11-14 V，否则给蓄电池充电或检查充电系统。
- (3) 检查车载充电机保险丝 EF27 及线路。
- (4) 检查车载充电机接地线路。
- (5) 检查 BMS 线束电源及接地线路。
- (6) 检查 BMS 与车载充电器之间数据线阻值应小于 1 Ω。
- (7) 若以上正常更换 BMS，若系统仍不正常，更换车载充电器。

5.P159A - 01、P159B - 22 故障

- (1) 故障含义

P159A-01 快充口温度传感器故障

P159B-22 充电口过温

- (2) 诊断步骤

- 1) 检查 BMS 与充电传感器之间的线路是否存在断路、短路故障。
- 2) 检查 BMS 电源电路及接地是否正常。
- 3) 如果以上正常，则更换 BMS。

6. 高压充电故障码故障

- (1) 故障含义

P15E094 充电故障：快充设备异常终止充电

P159D-01 充电故障：快充设备故障

P159E-01 充电故障：车载充电机故障

P159C-00 快充预充失败

P15D2-94 整车非期望的整车停止充电

P15D3-83 充电机与 BMS 功率不匹配故障（无法充）

- (2) 诊断步骤

- 1) 检查充电枪与充电口插针是否松动。
- 2) 检查 BMS 与直流充电接口之间的 CC 信号线。
- 3) 检查 BMS 电源及接地电路。
- 4) 如果以上正常，则更换 BMS。

第7章

整车控制器



1. 理解整车控制器的功能
2. 了解整车控制器的类型
3. 掌握常见电动汽车整车控制器组成原理及检测



第一节 整车控制器基本功能

整车控制器是电动汽车正常行驶的控制中枢，是整车控制系统的核心部件，是纯电动汽车的正常行驶、再生制动能量回收、故障诊断处理和车辆状态监视等功能的主要控制部件。

整车控制器包括硬件和软件两大组成部分。对于一些只有一个电机的纯电动汽车并不配备整车控制器，而是利用电机控制器进行整车控制。

整车控制器通过采集加速踏板信号、制动踏板信号和挡位开关信号等驾驶信息，同时接收 CAN 总线上电机控制器和电池管理系统发出的数据，并结合整车控制策略对这些信息进行分析和判断，提取驾驶员的驾驶意图和车辆运行状态信息，最后通过 CAN 总线发出指令来控制各部件控制器的工作，保证车辆的正常行驶。整车控制器应该具备以下基本功能。

一、对汽车行驶控制的功能

电动汽车的驱动电机必须按照驾驶员意图输出驱动或制动转矩。当驾驶员踩下加速踏板或制动踏板时，驱动电机要输出一定的驱动功率或再生制动功率。踏板开度越大，驱动电机的输出功率越大。因此，整车控制器要合理解释驾驶员操作；接收整车各子系统的反馈信息，为驾驶员提供决策反馈；对整车各子系统的发送控制指令，以实现车辆的正常行驶。

二、整车的网络化管理

整车控制器是电动汽车众多控制器中的一个，是 CAN 总线中的一个节点。在整车网络管理中，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、网络节点的管理以及网络故障的诊断与处理。

三、对制动能量的回收

纯电动汽车区别于内燃机汽车的重要特征就是能够进行制动能量回收，这是通过将纯电动汽车的电机工作在再生制动状态来实现，整车控制器分析驾驶员制动意图、动力电池组状态和驱动电机状态等信息，并结合制动能量回收控制策略，在满足制动能量回收的条件下对电机控制器发送电机模式指令和转矩指令，使得驱动电机工作在发电模式，在不影响制动性能的前提下将电制动回收的能量储存在动力电池组中，从而实现制动能量回收。

四、整车能量管理和优化

在纯电动汽车中，动力电池除了给驱动电机供电以外，还要给电动附件供电，因此，为了获得最大的续驶里程，整车控制器将负责整车的能量管理，以提高能量的利用率。在电池的 SOC 值比较低的时候，整车控制器将对某些电动附件发出指令，限制电动附件的输出功率，来增加续驶里程。

五、对车辆状态的监测和显示

整车控制器通过直接采集信号和接收 CAN 总线上的数据的方式获得车辆运行的实时数据，包括速度、电机的工作模式、转矩、转速、电池的剩余电量、总电压、单体电压、电池温度和故障等信息，

然后通过 CAN 总线将这些实时信息发送到车载信息显示系统进行显示。此外整车控制器定时检测 CAN 总线上各模块的通信，如果发现总线上某一节点不能够正常通信，则在车载信息显示系统上显示该故障信息，并对相应的紧急情况采取合理的措施进行处理，防止极端状况的发生，使得驾驶员能够直接、准确地获取车辆当前的运行状态信息。

六、故障诊断与处理

连续监测整车电控系统，进行故障诊断。故障指示灯指示出故障类别和部分故障码。根据故障内容，及时进行相应安全保护处理。对于不太严重的故障，能做到低速行驶到附近维修站进行检修。

七、外接充电管理

实现充电的连接，监控充电过程，报告充电状态，充电结束。

八、诊断设备的在线诊断和下线检测

负责与外部诊断设备的连接和诊断通信，实现 UDS 诊断服务，包括数据流读取，故障码的读和清除，控制端口的调试。



第二节 整车控制器组成与原理

一、纯电动汽车整车控制系统行式

纯电动汽车整车控制系统主要分为集中式控制和分布式控制两种方案。

1. 集中式控制系统

集中式控制系统的基本思想是整车控制器独立完成对输入信号的采集，并根据控制策略对数据进行分析处理，然后直接对各执行机构发出控制指令，驱动纯电动汽车的正常行驶。集中式控制系统的优点是处理集中、响应快和成本低；缺点是电路复杂，并且不易散热。

如图 7-2-1 所示为典型集中式控制系统。

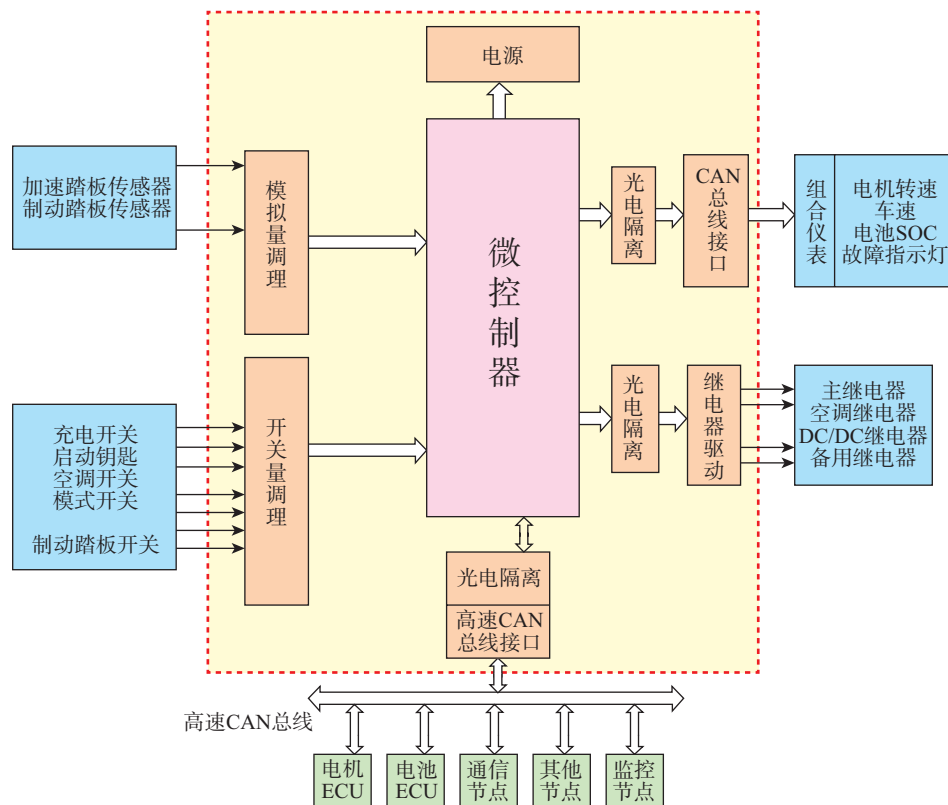


图 7-2-1 典型集中式控制系统

2. 分布式控制系统

分布式控制系统的基本思想是整车控制器采集一些驾驶员信号，同时通过 CAN 总线与电机控制器和电池管理系统通信，电机控制器和电池管理系统分别将各自采集的整车信号通过 CAN 总线传递给整车控制器。整车控制器根据整车信息，并结合控制策略对数据进行分析 and 处理，电机控制器和电池管理系统收到控制指令后，根据电机和电池当前的状态信息，控制电机运转和电池放电。分布式控制系统的优点是模块化和复杂度低；缺点是成本相对较高。

典型分布式整车控制系统示意图如图 7-2-2 所示，整车控制系统的顶层是整车控制器，整车控制器通过 CAN 总线接收电机控制器和电池管理系统的信息，并对电机控制器、电池管理系统和车载信息显示系统发送控制指令。电机控制器和电池管理系统分别负责驱动电机和动力电池组的监控与管理，车载信息显示系统用于显示车辆当前的状态信息等。

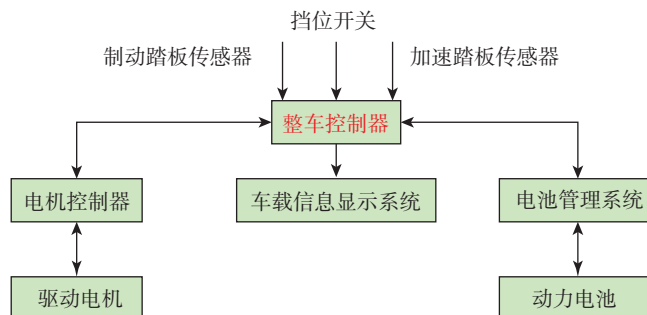


图 7-2-2 典型分布式整车控制系统示意图

二、整车控制器的组成

整车控制器的硬件电路包括微控制器、开关量调理、模拟量调理、继电器驱动、高速 CAN 总线接口、电源等模块。

1. 微控制器模块

微控制器模块是整车控制器的核心，综合考虑纯电动汽车整车控制器的功能及其运行的外界环境，微控制器模块应该具有高速的数据处理性能、丰富的硬件接口、低成本和可靠性高的特点。

2. 开关量调理模块

开关量调理模块用于开关输入量的电平转换和整形，其一端与多个开关量传感器相连，另一端与微控制器相接。

3. 模拟量调理模块

模拟量调理模块用于采集加速踏板和制动踏板的模拟信号，并输送给微控制器。

4. 继电器驱动模块

继电器驱动模块用于驱动多个继电器，其一端通过光电隔离器与微控制器相连，另一端与多个继电器相接。

5. 高速 CAN 总线接口模块

高速 CAN 总线接口模块用于提供高速 CAN 总线接口，其一端通过光电隔离器与微控制器相连，另一端与系统高速 CAN 总线相接。

6. 电源模块

电源模块为微处理器和各输入、输出模块提供隔离电源，并对蓄电池电压进行监控，与微控制器相连。

三、整车控制器工作过程

直接向整车控制器发送信号的传感器包括加速踏板传感器、制动踏板传感器和挡位开关，其中加速踏板传感器和制动踏板传感器输出模拟信号，挡位开关输出信号是开关量信号。

整车控制器对电动汽车动力链的各个环节进行管理、协调和监控，以提高整车能量利用效率，确保安全性和可靠性。整车控制器采集驾驶员驾驶信号，通过 CAN 总线获得驱动电机和动力电池系统的相关信息，进行分析和运算，通过 CAN 总线给电机控制器和电池管理器发送指令指令，间接控制驱动电机运转和动力电池充放电，通过控制主继电器来实现车载模块的通断电，实现整车驱动控制、能量优化控制和制动能量回收控制。

整车控制器还具有综合仪表接口功能，可显示整车状态信息；具备完善的故障诊断和处理功能；具有整车网关及网络管理功能。



第三节 常见车型整车控制器

一、北汽车载控制器

1. 组成

北汽控制系统关联图如图 7-3-1 所示。

(1) 整车控制部分

整车控制部分主要是判断操纵者意愿，根据车辆行驶状态和电池和电机系统的状态合理分配动力，使车辆运行在最佳状态。

(2) 电机及电机驱动部分

电机及其驱动部分功能是电能和机械能的相互转换的子系统，其功能是接受整车控制器的转矩信号，驱动车辆行驶、转向和再生制动回馈能量，同时监控电机系统状态并故障报警和处理。

(3) 电池、电池管理和电压转化部分

这部分的作用主要是进行能量的贮存及能量的释放、需要电压的转换和电池状态的检测等等。

(4) 传动装置

传动系统在整车中起到动力传动的作用，驱动电机的力矩通过传动系统传递到车轮，使车辆可以按照驾驶员驾驶意图行驶。

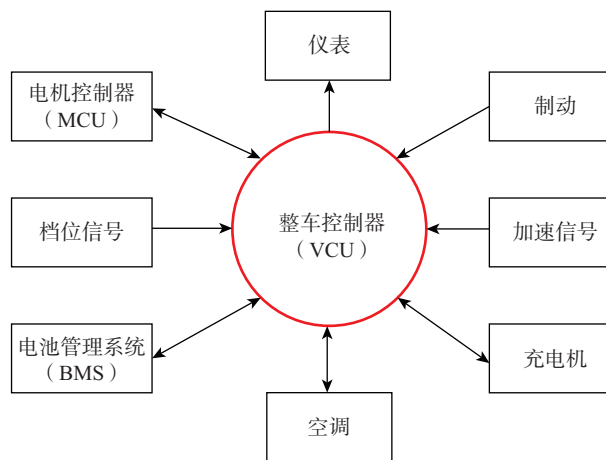


图 7-3-1 控制系统关联图

2. 整车控制器功能

整车控制器具有以下功能：

- (1) 整车驱动控制 - 扭矩输出
- (2) 能量管理功能 - 放电和能量回收
- (3) 整车辅助系统控制 - 电动空调、暖风等
- (4) 整车安全管理和诊断功能 - 预警、故障干预
- (5) 整车网关的管理功能 - 新能源 CAN 和车身 CAN 信息交互
- (6) 整车信息管理功能 - 仪表显示、远程监控等
- (7) 高低压安全管理与保护功能

3. 整车控制策略

整车控制器做为第一层，其他各控制器为第二层，各控制器之间通过 CAN 网络进行信息交互，共同实现整车的功能控制，如图 7-3-2 所示。

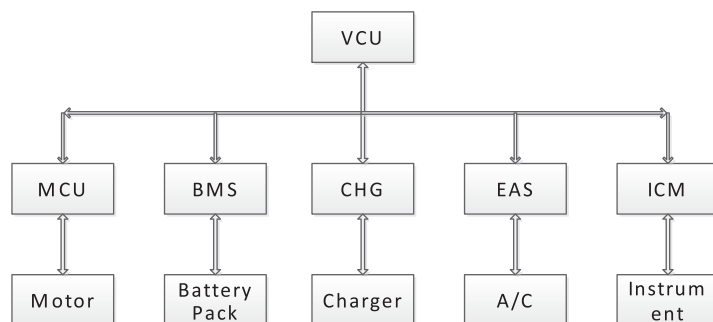


图 7-3-2 分层控制方式

整车控制策略如下：

(1) 整车状态的获取

1) 整车状态获取方式

①整车状态的获取：通过车速传感器、档位信号传感器等采用不同的采样周期时检测整车的运行状态。

②通过 CAN 总线获得原车功能模块、动力电池系统、电机驱动系统等状态信息。

2) 整车状态获取内容

①点火钥匙状态—OFF、ACC、ON、START

②充电监控状态—充电唤醒、连接状态、慢充门板（开-关）

③档位状态—P、R、N、D

④加速踏板位置—加速踏板开度（0-100%）

⑤制动踏板状态—踩制动、未制动

⑥ BMS 状态—继电器、电压、电流等

⑦ MCU 状态—工作模式、转速、扭矩等

⑧ EAS、PTC 信息

⑨ ABS 状态、ICM 状态

(2) 整车工作模式

整车分为两个工作模式：充电模式、行驶模式；VCU 有低压唤醒后，周期执行整车模式的判断，其中，充电模式优先于行驶模式。

1) 整车工作模式

①充电模式

充电唤醒信号、（快慢充）充电门板信号或连接确认信号。

②行驶模式

点火钥匙 ON 档、无充电唤醒信号、无充电门板信号或连接确认信号。

2) 模式切换：

①充电模式不能切换到行驶模式

钥匙在 ON 档同时充电中，此时关闭充电口，车辆不能上高压，需驾驶员将钥匙打到非 ON 档，并再次到 ON 档时，方可上高压。

②行驶模式可以切换到充电模式

整车在行驶模式时，如果检测有充电需求，VCU 需先执行高压下电后，再进行正常的充电流程。

(3) 整车正常充电过程

整车有慢充和快充两种状态；如整车处于 ON 档有高压时，需先进行高压下电后再进行充电。

①车辆插枪时，先有充电唤醒信号给 VCU、BMS、仪表等，仪表充电连接指示灯闪烁；

② VCU 检测到充电门板信号，判断进入充电模式，仪表充电连接指示灯点亮；

③进入充电模式后，VCU 置位允许充电指令；

④ BMS 与充电机 / 充电桩建立充电连接，开始充电。

充电过程中，VCU 不直接参与充电控制，实时监控充电过程，对异常情况进行紧急充电停止，以及部分信息的仪表显示、监控平台信息上传。

4) 整车正常上电过程

纯电动车的点火钥匙采用 OFF、ACC、ON、START 四个状态；

1) 低压上电

当点火钥匙 ON 时，VCU、BMS、MCU 等整车所有零部件低压上电；

2) 高压上电

点火钥匙 ON 档，BMS、MCU 当前状态正常、且不满足整车充电条件，开始执行高压上电：

① BMS、MCU 初始化完成，VCU 检查 BMS 反馈电池继电器状态；

② BMS 正极继电器处于断开状态，VCU 执行闭合高压主继电器；

③ VCU 执行闭合其他高压系统继电器（空调系统高压继电器）；

④ VCU 发送 BMS 上电指令，进行预充电操作；

⑤ 电池反馈预充电完成状态，高压连接指示灯熄灭；

⑥ 检查档位在 N 档，且上电过程中驾驶员对点火钥匙有 START 的操作；

⑦ 仪表显示 Ready 灯点亮，水泵、DC-DC 开始工作。

(5) 整车驱动控制

整车驱动控制 - 即扭矩控制 - 是整车控制器的主要功能之一其核心是工况判断—需求扭矩—扭矩限制—扭矩输出四部分，如图 7-3-3 所示。

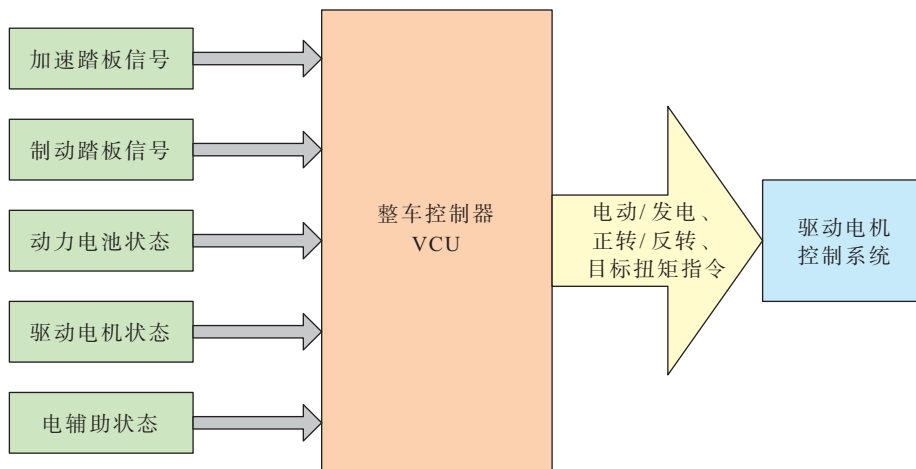


图 7-3-3 整车驱动控制

1) 工况判断

工况判断反映驾驶员的驾驶意图。它是通过整车状态信息（加速 / 制动踏板位置、当前车速和整车是否有故障信息等）来判断出当前需要的整车驾驶需求（如起步、加速、减速、匀速行驶、跛行、限车速、紧急断高压）。工况可以划分为紧急故障工况、怠速工况、加速工况、能量回收工况、零扭矩工况、跛行工况等。

2) 扭矩需求

扭矩需求是驾驶员驾驶意图的转换。要根据判断得出的整车工况、动力电池系统和电机驱动系统状态计算出当前车辆需要的扭矩。各工况的需求扭矩如下：

紧急故障工况—零扭矩后切断高压

怠速工况—目标车速 7Km/h

加速工况—加速踏板的跟随

能量回收工况—发电

零扭矩工况—零扭矩

跛行工况—限功率、限车速

3) 扭矩限制

根据整车状态信息（例如温度、车速等）对车辆功能的限制。限制策略有：根据温度、SOC 限制动力电池的允许充放电功率、根据温度限制驱动电机的驱动扭矩 / 制动扭矩、根据放电、发电情况限制

电辅助系统工作、在前进档和倒车档有最大车速限制。

(6) 外围相连驱动模块的控制

外围相连驱动模块的控制有电池内高压主负继电器、空调系统高压继电器、水泵、DC/DC、冷却风扇、电子转向助力系统、快充继电器等。

(7) 整车信息系统显示与监控平台信息管理

给监控平台上传信息使仪表显示 Ready、档位、车速、SOC、故障等。

(8) 整车故障管理

整车控制器判断整车的各个传感器、执行机构的状态，置出相应的错误标志，协调在故障情况下各个模块的计算、执行，将故障状态记录、输出、消除等。

1) 故障等级的划分

整车控制器根据电机、电池、DC/DC 等零部件故障、整车 CAN 网络故障及 VCU 硬件故障进行综合判断，确定整车的故障等级，并进行相应的控制处理。整车控制器对整车的故障等级进行 4 级划分如表 7-3-1 所示。

表 7-3-1 整车的故障等级划分

等级	名称	故障后处理	故障列表
一级	致命故障	紧急断开高压	MCU 直流母线过压故障、BMS 一级故障
二级	严重故障	零扭矩	MCU 相电流过流、IGBT、旋变等故障；电机节点丢失故障；档位信号故障
三级	一般故障	跛行	加速踏板信号故障
		降功率	MCU 电机超速保护
		限功率 <7Kw	跛行故障、SOC<1%、BMS 单体欠压、内部通讯、硬件等二级故障
		限速 <15km/h	低压欠压故障、制动故障
四级	轻微故障	只仪表显示（维修提示）能量回收故障，仅停止能量回收	MCU 电机系统温度传感器、直流欠压故障；VCU 硬件、DCDC 异常等故障

2) 仪表显示故障定义

电池故障——电池系统通过 CAN 报送的故障

绝缘等级低

电机故障——电机系统通过 CAN 报送的故障

电机系统温度高

通讯故障——VCU 与仪表的 CAN 通讯中断

低压电故障——蓄电池电压低、DCDC 工作异常

档位闪烁——档位信号异常

电池充电故障——电池故障、充电机故障

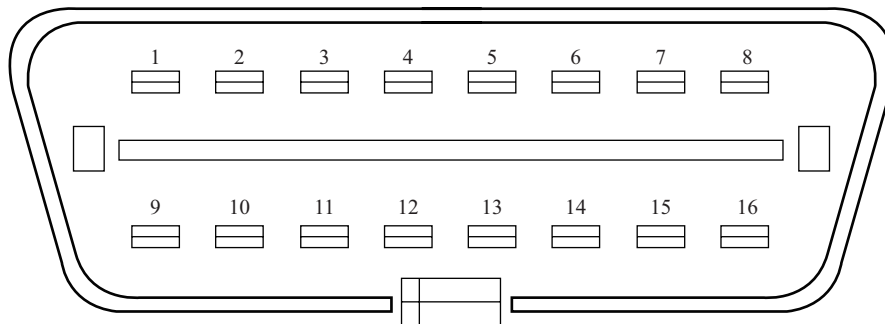
3) OBD 接口线束定义

OBD 接口如图 7-3-4 所示。

4) 故障冻结帧

当车辆确认有故障的瞬间，由整车控制器存储车辆在“这个瞬间”的整车状态信息，比如车辆发生故障时车辆的车速是多少？高压多少？档位状态？驾驶员踩的加速踏板开度？制动状态……这些信息，有助于分析故障时的状态和故障原因，为电动车辆的检修提供重要依据。

目前整车控制器存储记录了 16 个变量：车速、铅酸电池电压、扭矩电机转速、高压电压锂电池电流、档位状态、加速踏板开度、制动状态电机本体温度、电机控制器温度、SOC、车辆工况、电池状态、电机状态。



Pin1: 新能源CAN高, 线号32
 Pin9: 新能源CAN低, 线号33
 Pin6: 原车CAN高, 线号52
 Pin14: 原车CAN低, 线号53
 Pin16: 常电 (BAT+)
 Pin5: 信号地线

图 7-3-4 OBD 接口

5) 数据流

可读取的数据流如下:

① 12V 低压铅酸电池电压, 可以分析电池是否馈电、是否 DC/DC 正在充电等——低压铅酸电池是否馈电、DC/DC 是否正常;

② 加速踏板开度, 可以分析当前加速踏板的开度——加速油门踏板是否正常;

③ 电机系统状态: 电机初始化、预充电状态、电机扭矩、电机本体温度、电机控制器温度、电机转速、电机生命信号等——电机是否正常;

④ 电池系统状态: 电池总电压、电池当前放电电流、电池电量 SOC、单体电池最低电压、单体电池最高电压、单体电池最高温度、单体电池最低温度、电池系统生命信号、电池继电器闭合与断开状态等——电池是否正常;

⑤ 整车信息: 档位状态、加速踏板电压值、低速和高速冷却风扇开启与闭合状态——档位、加速油门踏板、高速风扇、低速风扇是否正常。

6) 故障诊断流程

① 车辆必须能够与故障诊断仪通讯, 但凡故障诊断仪无法连接的车辆, 请按以下顺序首先排查:

a. 使用万用表, 检查 VCU 的供电是否正常, 包括 ON 档电、常电; 同时, 需要检查低压电气盒中 VCU 的各个供电保险是否正常;

b. 使用万用表, 检查 OBD 诊断口与 VCU 的 CAN 总线线束连接是否牢固、正常;

c. 如果以上都正常, 请更换全新的整车控制器。

② 排查结束, 故障诊断仪将可以顺利与整车控制器 VCU 建立 CAN 总线通讯连接。

进入诊断界面, 按照流程进行其它故障的定位、排查、维修, 最后清除故障码, 试车, 将车辆交还用户。故障诊断流程如图 7-3-5 所示。

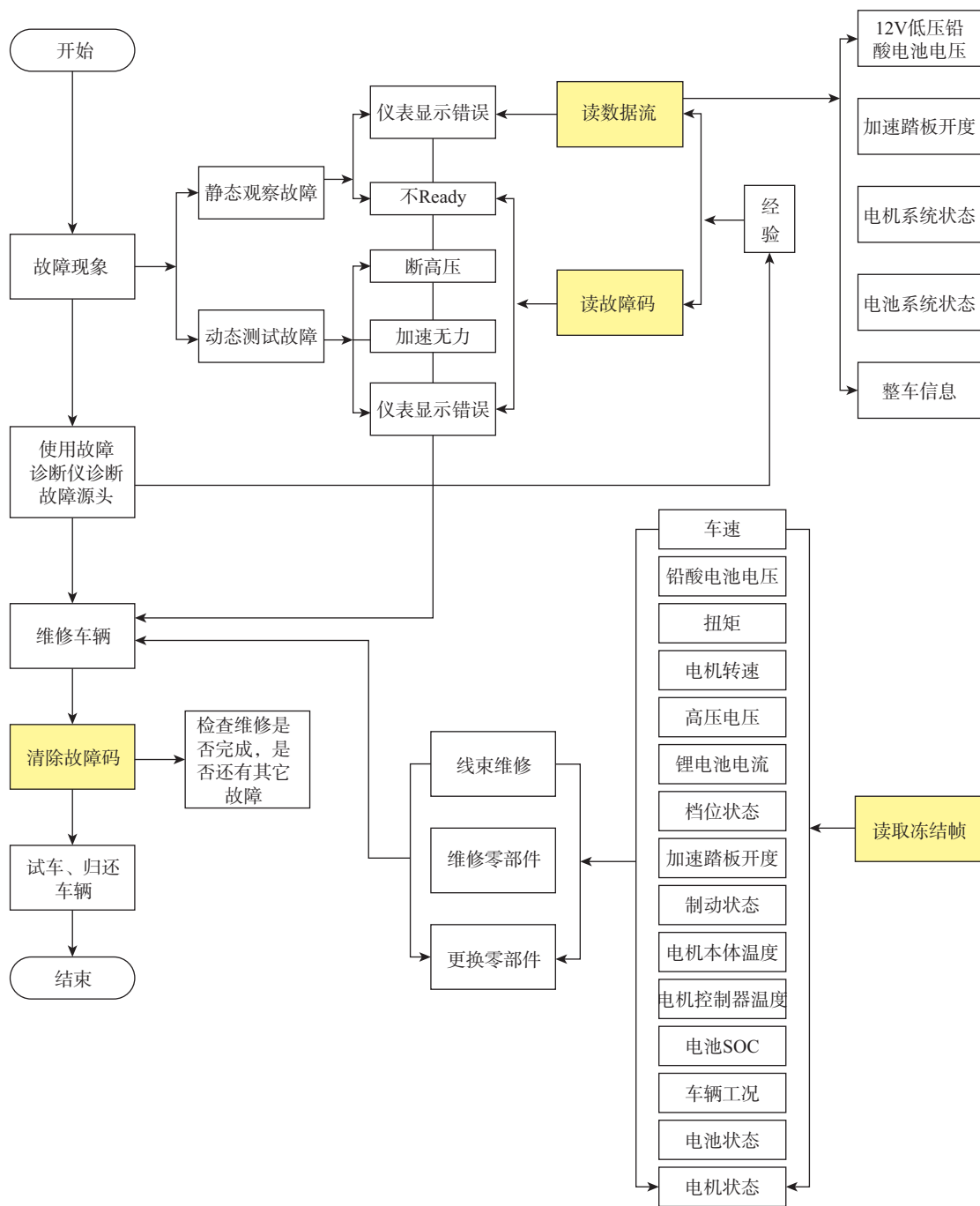


图 7-3-5 故障诊断流程

二、比亚迪秦整车控制

比亚迪秦并不配备整车控制器，而是利用电机控制器（集成在高压控制总成中）进行整车控制。电机控制器直接接受档位信号、加速踏板信号、制动信号、车速信号、动力电池信号、充电信号等，直接对各种功能进行控制。高压电控总成电路如图 7-3-6、7-3-7、7-3-8 所示。

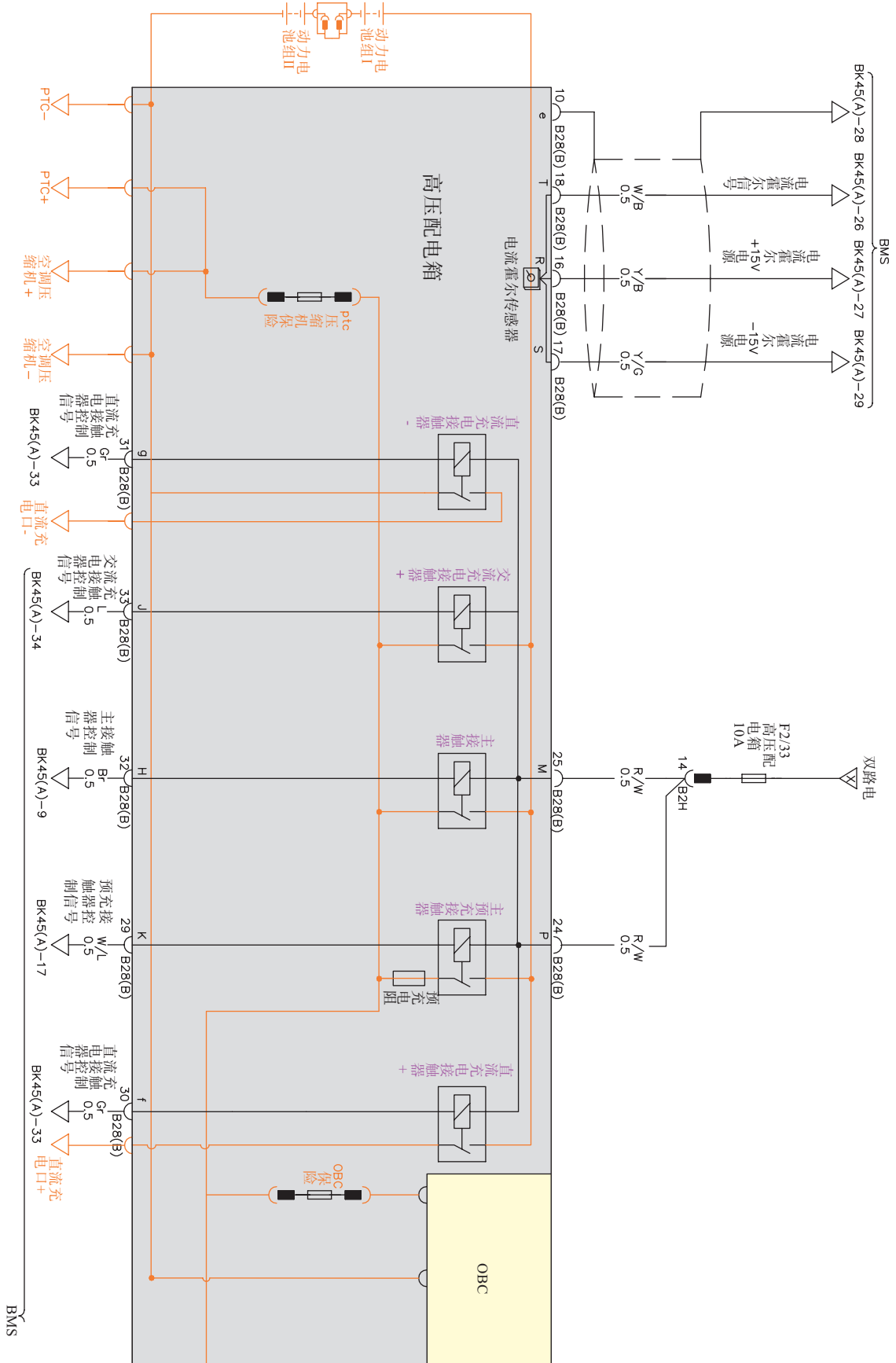


图 7-3-6 高压电控总成电路 (1)

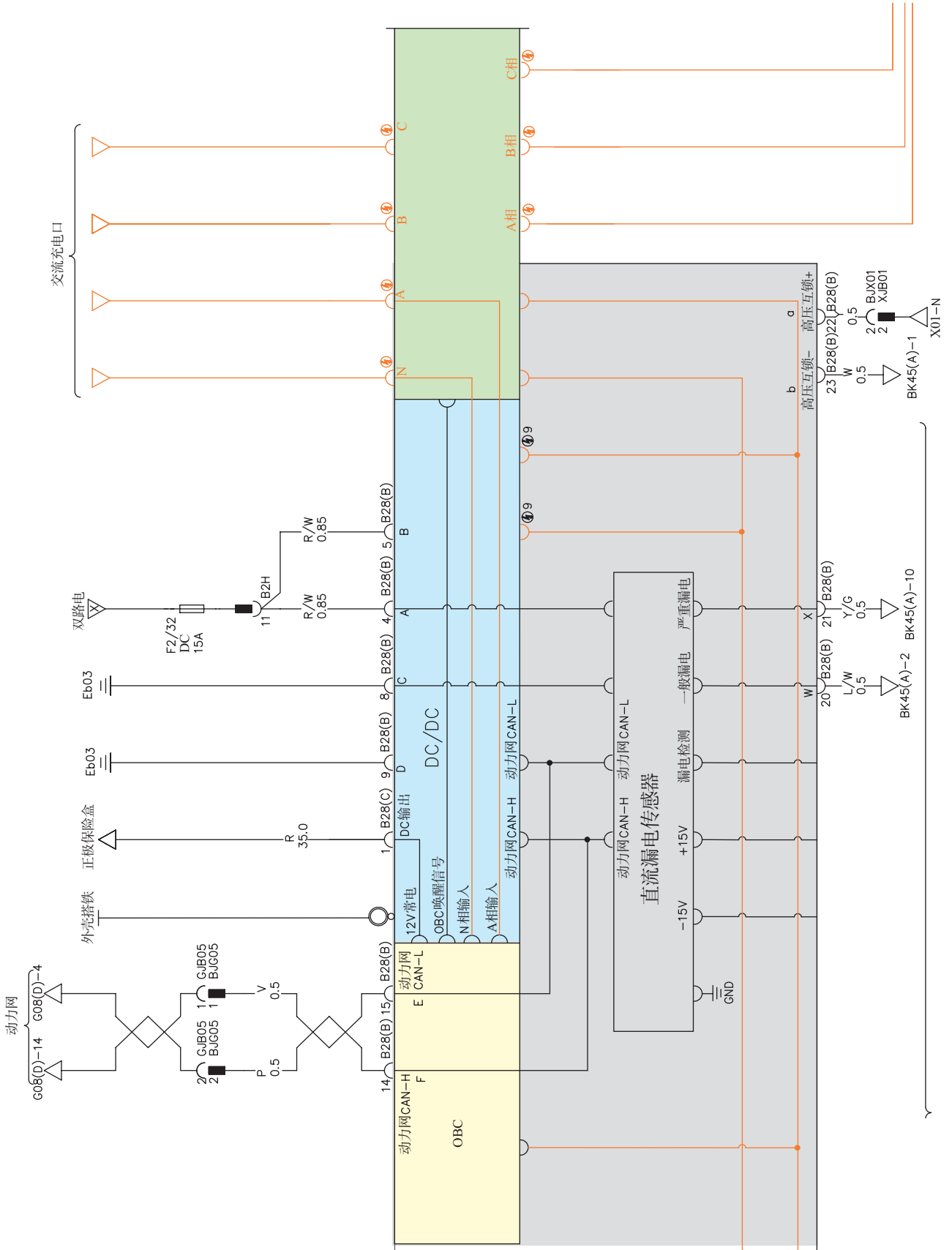


图 7-3-7 高压电控总成电路 (2)

三、帝豪 EV540 整车控制器

帝豪整车控制器（VCU）接受电子换挡锁信号、加速踏板信号、制动信号、巡航信号、充电信号等，对电机功率运行及冷却等功能进行控制。帝豪整车控制器电路如图 7-3-9、7-3-10、7-3-11 所示。

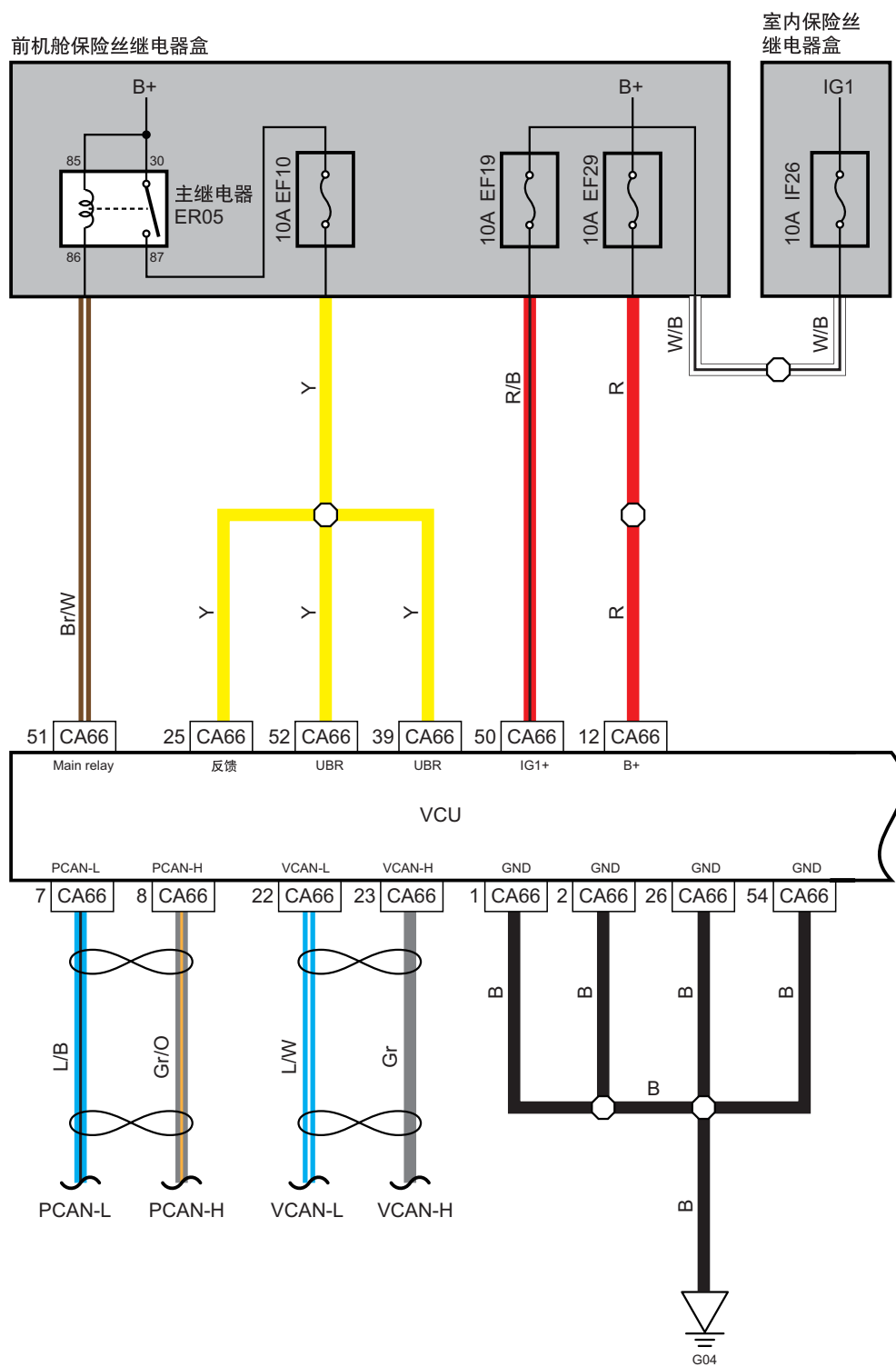


图 7-3-9 帝豪 EV540VCU 电路 (1)

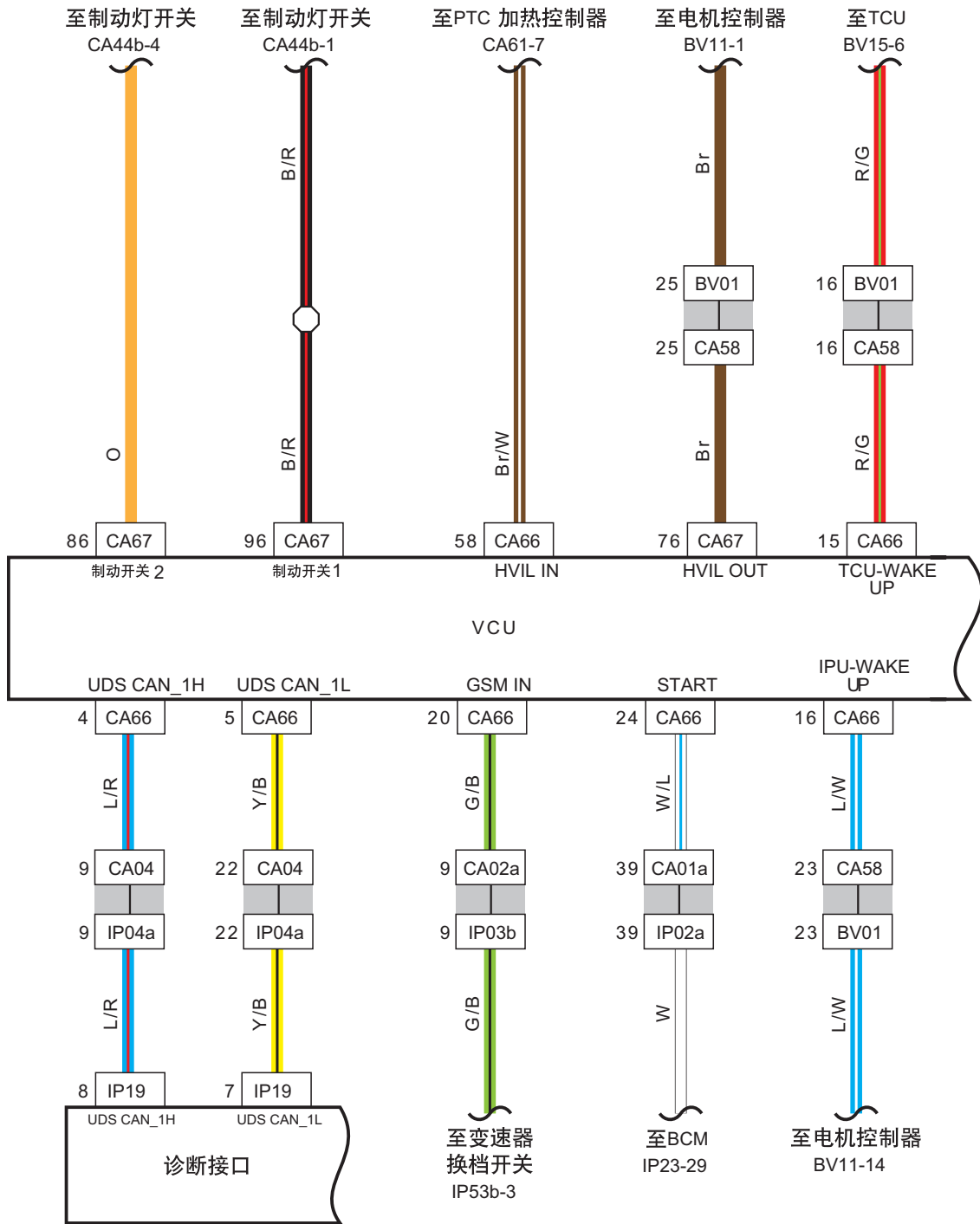


图 7-3-10 帝豪 EV540VCU 电路 (2)

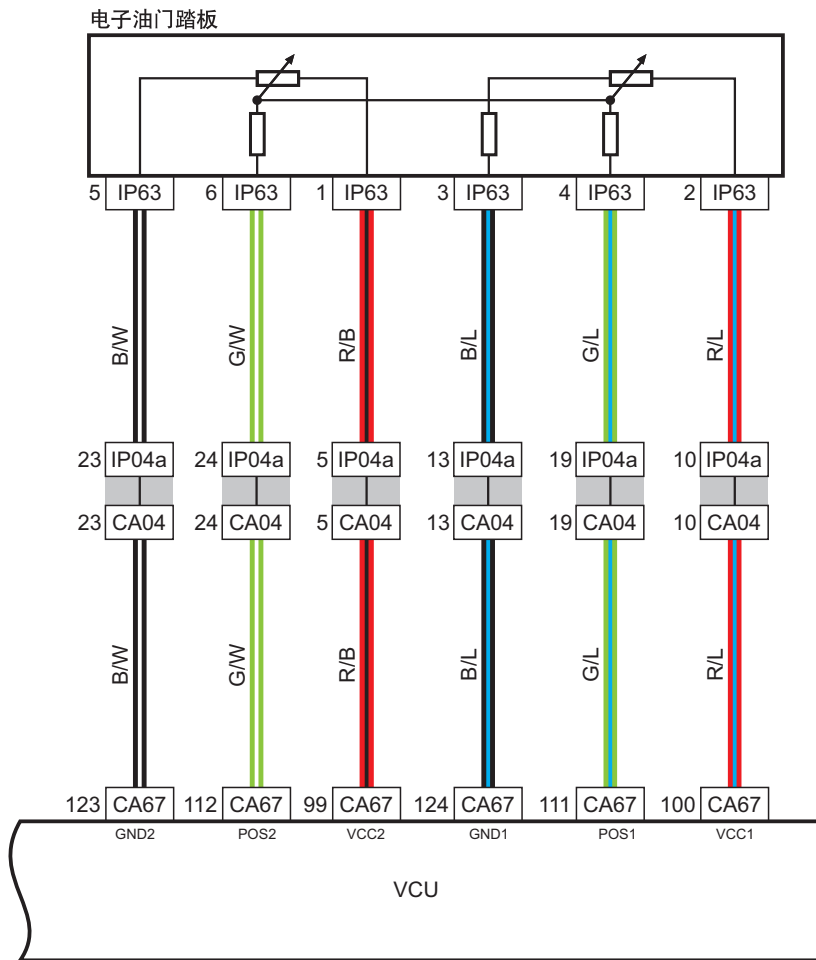


图 7-3-11 帝豪 EV540VCU 电路 (3)

第 章

电动汽车空调系统



1. 理解整车控制器的功能
2. 了解整车控制器的类型
3. 掌握常见电动汽车整车控制器组成原理及检测



第一节 电动汽车空调系统的结构

一、电动汽车空调与传统燃油汽车比较

电动汽车空调相对于传统燃油汽车空调而言，压缩机驱动力发生了改变，传统燃油汽车压缩机动力来自于发动机，而电动汽车则来自于与压缩机集成为一体的电动机，电动机电源来自汽车动力电池。由于电动压缩机单独控制，因此对压缩机的排量控制就比传统燃油汽车简单便捷。

另外，由于电动汽车的动力电池产生的热量较大，使用自然冷却和水冷却不足以带走动力电池的热量，一些车型采用空调系统对其进行冷却。

由于失去了发动机的热源，电动汽车的暖风系统采用电加热的方式，电力来自于动力电池。

电动汽车空调的进气系统、风门控制系统、空气净化系统等均与燃油汽车相同。

由于电动汽车空调和传统燃油汽车存在着不同点，因此在控制系统上也存在着不同之处。传统汽车和电动汽车空调的比较表 8-1-1 所示。

表 8-1-1 传统汽车和电动汽车空调的比较

系统或部件		传统燃油机		电动汽车	
		结构	控制	结构	控制
制冷系统	压缩机	由发动机带动皮带驱动	1. 控制电磁离合器 2. 控制变排量电磁阀 3. 工作状态除受压力开关和蒸发器温度的控制外还受到到发动机温度等运动状态的制约	由压缩机集成为一体的电动机驱动，电力来自于动力电池	控制器通过检测压力开关和蒸发器温度的通过变频器来控制电动机的转速，其工作条件受到动力电池参数的影响
	其他部件	相同			
暖风系统		热能来自于发动机冷却液	1. 水阀控制 2. 混合风门控制	热能来自电加热装置，电力来自于动力电池	控制器根据各种传感器控制电加热装置的热量
通风系统		存在混合风门装置		由于电动加热可控性较强，可以取消混合风门装置	
空气净化系统		相同			

二、电动汽车空调制冷系统

1. 制冷系统的组成

随着国内电动汽车逐步产业化、市场化，电动汽车必然要配备空调系统。因为受到电动汽车独特性影响，国内汽车厂家从传统燃油汽车空调的基础上进行部分改装设计，将燃油发动机带动的压缩机替换成直流电动机直接驱动的压缩机，控制上相应变化，来完成空调制冷的功能。

在空调的主要零部件选用上，目前国内的电动汽车除了压缩机与控制模式外，其他主要零部件还是沿用燃油汽车空调的零部件，冷凝设备主要使用的是平行流冷凝器，蒸发设备主要用的是层叠式蒸发器，节流装置依然是热力膨胀阀，制冷剂仍然是 R134a。

制冷系统主要包括纯电动或混合动力汽车的混动压缩机、冷凝器、储液干燥器、膨胀阀、蒸发箱和控制电路等，如图 8-1-1 所示。

低压管路：从节流阀出口到压缩机入口，沿程有蒸发箱、低压加注口、积累器。

高压管路：从压缩机出口到节流阀入口，沿程有压缩机、冷凝器、干燥器、高压加注口、高低压开关、节流阀。

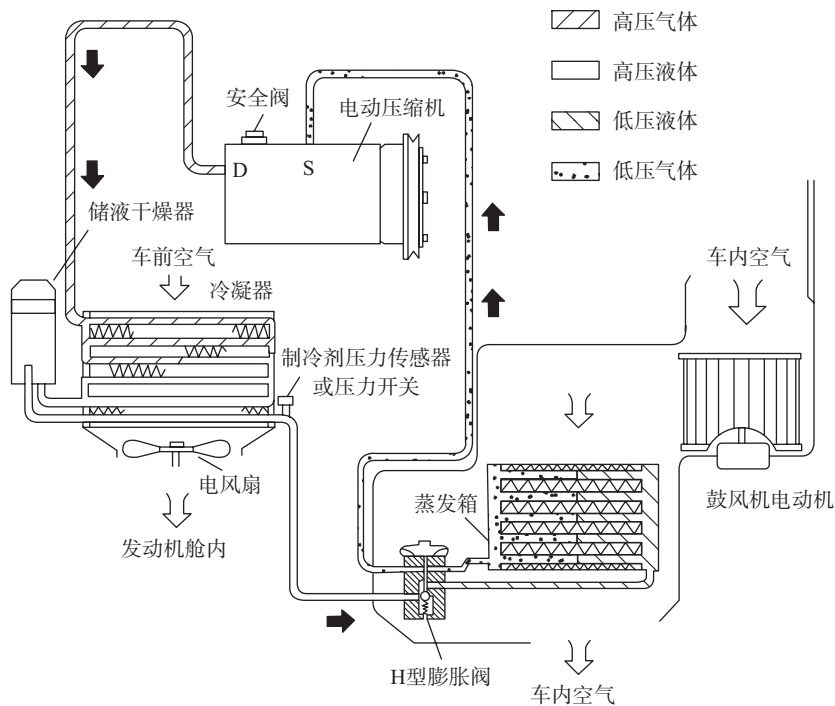


图 8-1-1 制冷系统的组成

2. 具有动力电池冷却功能的空调系统

具有动力电池冷却功能的空调系统如图 8-1-2 所示，控制器检测到动力电池温度超过规定值时，打开高压锂电池冷却切断阀，利用空调系统为高压电池冷却。

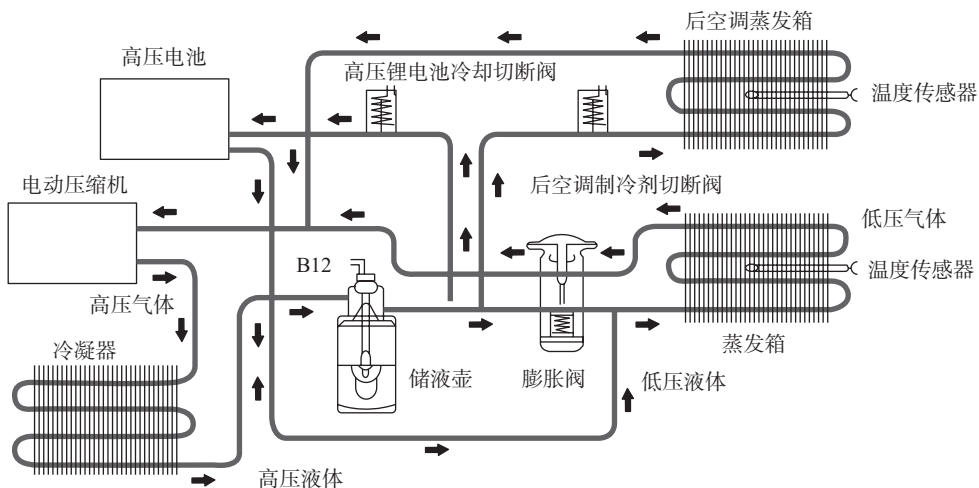


图 8-1-2 具有动力电池冷却功能的空调系统

3. 电动压缩机

在电动汽车空调系统中，压缩机的转速是制冷量的主要控制量，对于压缩机的转速采用的控制方法归纳如下。当车内温度高于设定温度 1°C 时，为了快速使温度达到设定值，压缩机以最大转速运行；如果车内温度低于设定温度 1°C ，压缩机以最低转速运行；当室温偏差在 $-1\sim 1^{\circ}\text{C}$ 之间时，压缩机的转速通过模糊控制算法进行控制，以每一采样时刻室温和设定值的温差及温差的变化率为输入量，通过模糊推理得出压缩机的转速值。

目前国内大多数汽车空调系统采用的是由发动机直接带动的斜盘式、摇摆式等形式的压缩机，其制冷系数（COP）为 $1.3\sim 1.6$ ，空调系统的耗功会消耗很大一部分的电功率。为了提高电动汽车空调系统的能效比，通常采用新型高效的压缩机（如全封闭电动涡旋压缩机），它直接由电池提供的直流电源驱动。它可以根据车内温度及环境温度等传感器测得的温度，采用适当的控制算法，通过变频器来调节压缩机的转速，改变系统的制热/冷量，达到车内舒适性的要求。涡旋式压缩机比活塞式压缩机和滚动转子式适用于更宽的速度范围。

三、电动汽车空调制热系统

电动汽车与传统汽车的驱动动力不同，使得它们的空调系统也有极大的区别。电动汽车没有用来采暖的发动机余热，无法提供作为汽车空调冬天采暖用的热源，电动汽车的空调系统必须自身具有供暖的功能。目前电动汽车空调分为半导体式（热电偶）、电动热泵式、燃油加热式、PTC 加热式等。

电动汽车采用加热器的电制热方式时，加热器通常配置在驾驶席和副驾驶席之间的地板下方。加热器由可用电发热的 PTC 加热器元件、将加热器元件的热量传送到散热剂（冷却水）的散热扇、散热剂流路和控制底板等组成。因要求加热器要有较高的制暖性，所以，电源使用的是驱动电动机的锂离子充电电池的高压，而非辅助电池（ 12V ）。若是纯电动汽车专用产品，也可以不使用冷却液，直接用鼓风机吹送经 PTC 加热器加热的暖风。

使用发动机的汽车的制暖系统由发动机、冷却液、加热芯及送风的鼓风机电动机组成。散热剂从加热芯中内部流过，由于其吸收了发动机的热量使得自身温度升高。车内冷空气从加热芯外部流过，为车内制暖。因此只要有冷却液式的加热器和电动水泵就能工作。

另外，目前加热器的 ECU 与空调系统整体是各自独立的，也可将 ECU 和加热器融为一体。汽车厂商努力为 EV 配备多个加热器元件，能够使其制暖能力提高到与使用发动机的汽车相当。但是，为了尽可能把电池容量用于行驶，汽车厂商在设计时对制暖耗电进行了抑制。以弱混电动汽车在市区行驶速度（ $40\sim 60\text{km/h}$ ）为例，在某些条件下，使用制暖时的行驶距离将短于使用制冷时的行驶距离，因为制暖的电池消耗比制冷的电池消耗更大。弱混电动汽车采用了手动式空调，用户按下“MAX”开关后，温控性能与风量会以最高设定运行。

四、其他形式空调

1. 半导体式电动汽车空调系统

半导体制冷又称电子制冷（热），或者温差电制冷（热），是从 20 世纪 50 年代发展起来的一门介于制冷技术与半导体技术边缘的学科，与压缩式制冷和吸收式制冷并称为世界三大制冷方式。半导体制冷器的基本器件是热电偶对，即将一个 N 型半导体与一个 P 型半导体连接成热电偶，如图 8-1-3 所示为半导体制冷片，通上直流电后，在接口处就会产生温差和热量的转移。在电路上串联起数个半导体热电偶对，而传热方面是并联的，这样就构成了一个常见的制冷热电堆。借助于热交换器等各种传热手段，使热电堆的热端不停散热并且保持一定的温度，而将热电堆的冷端放到工作环境中去吸热降温，这就是半导体制冷的原理。

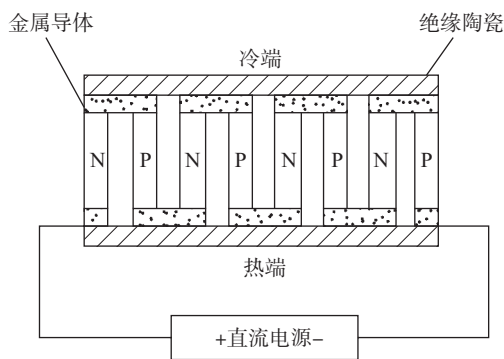


图 8-1-3 半导体制冷片

从空调技术成熟性和能源利用效率比较来看，对于半导体制冷片技术的电动汽车空调系统，目前存在着热电材料的热值系数较低、制冷性能不够理想等缺点，而且热电堆产量受到构成热电元件元素产量的限制，不具备电动汽车空调节能高效的要求。该技术方案对于不同类型电动汽车通用性良好，并且对整车结构改变较小，是将来电动汽车空调发展的趋势。

2. 热泵型电动汽车空调系统

热泵型电动汽车空调系统是指利用传统制冷系统的逆循环制热的空调系统。这种循环的转换可以通过压缩机后部的四通转换阀来实现，如图 8-1-4 所示。

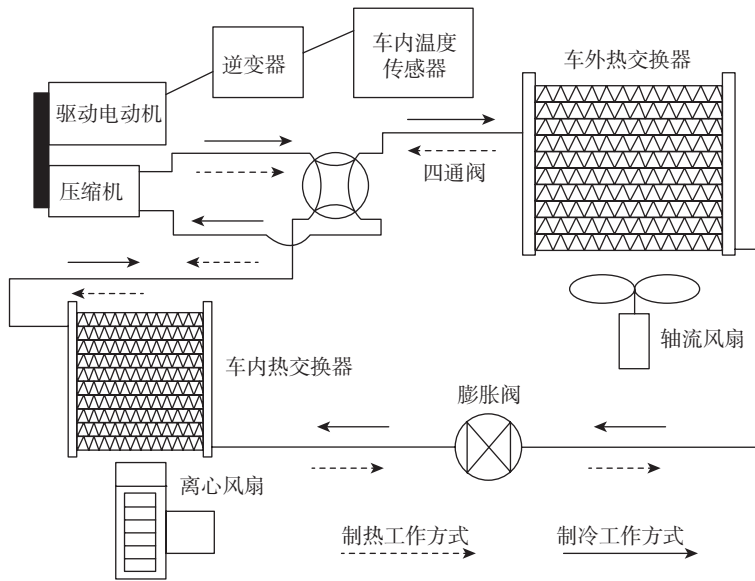


图 8-1-4 热泵型空调系统的工作原理

在理论上，制冷循环逆转可以用来制暖。但在环境气温低的情况下，制暖性能会降低，无法满足在低温区具备高制暖性能的汽车制暖性能要求。目前热泵型电动汽车空调最大的瓶颈是低温制热问题，特别是在我国的东北地区，这也是将来该行业研究的难题之一。



第二节 常见电动车型空调系统

一、北汽电动汽车空调系统

1. 制冷系统

北汽电动汽车空调制冷系统如图 8-2-1 所示。其实用电动压缩机。

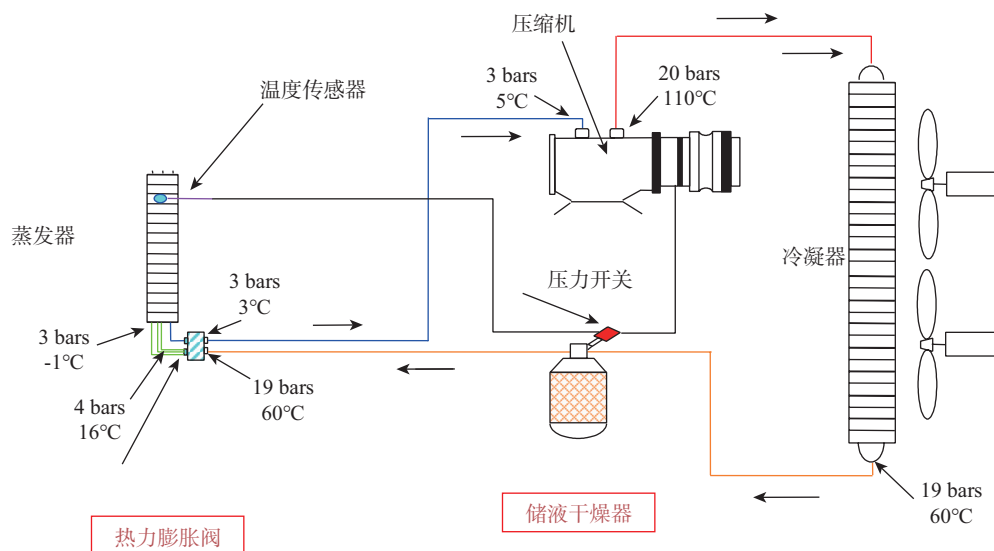


图 8-2-1 空调制冷系统

低压一般在 0.25-0.3MPa；高压一般在 1.3-1.5MPa。平衡压力一般为 0.6MPa 左右，因受环境温度及加注量同时影响，不可作为主要依据，仅供参考。

电动压缩机将压缩机控制器与压缩机集成为一体，如图 8-2-2 所示，压缩机控制器将高压电池的高压直流电转化成三相交流电驱动电机工作，压缩机通过总线获得压缩机运转指令。其压缩机构采用涡旋机构，如图 8-2-3 所示。

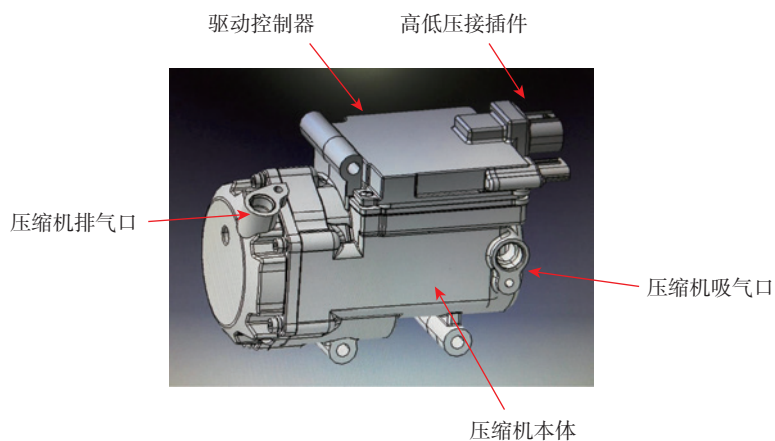


图 8-2-2 电动压缩机



图 8-2-3 压缩机涡旋机构

电动压缩机高压插头和低压插头如图 8-2-4 所示，其端子如表 8-2-1 所示。

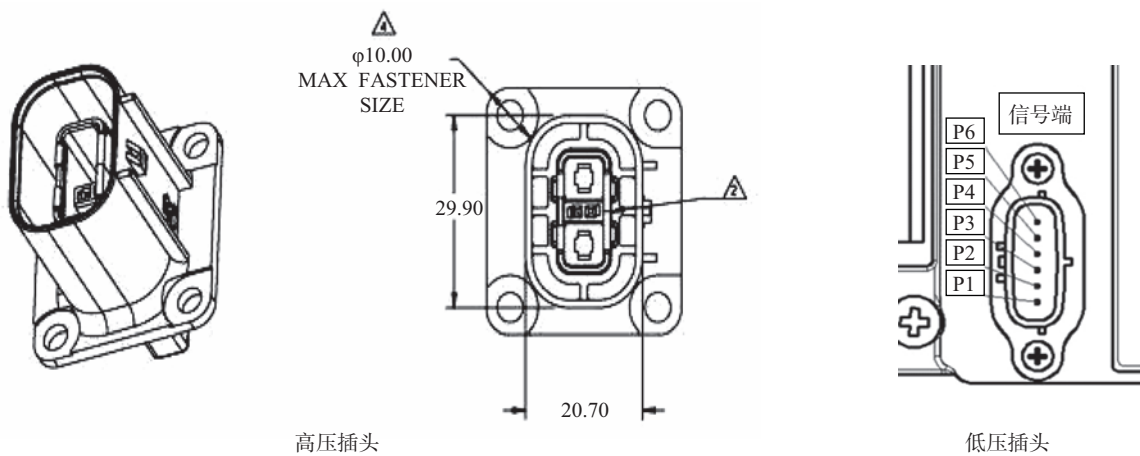


图 8-2-4 电动压缩机高压插头和低压插头

图 8-2-1 电动压缩机高压插头和低压插头

接插件	端口	接口定义	备注
高压两芯 (动力接口)	A	高压正	控制器与动力电池连接
	B	高压负	
低压六芯(控制信号接口)	1	12VDC 正极	
	2	空调开关信号输入	高电平或悬空为关闭 (OFF)，低电平或接地为开启 (ON) 高电平输入范围：5-15V DC，15mA 低电平输入范围：0-0.8VDC，15mA
	3	空调调速信号输入	信号形式为 400HZ PWM 占空比信号，电压：0-15V，高电平 5-15V，15mA，低电平 0-0.8V
	4	12VDC 负极	
	5	CAN-H 接口	
	6	CAN-L 接口	

2. 制热系统

北汽电动汽车采用 PTC 加热，PTC 加热器如图 8-2-5 所示，其内部有两个 PTC，及温度传感器，其电路如图 8-2-6 所示。PTC 控制器装在高压控制盒内，其端子见第二章图 2-3-4 所示。

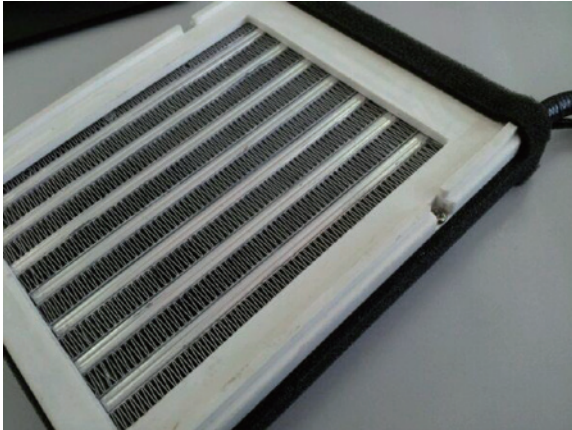


图 8-2-5 PTC 加热器

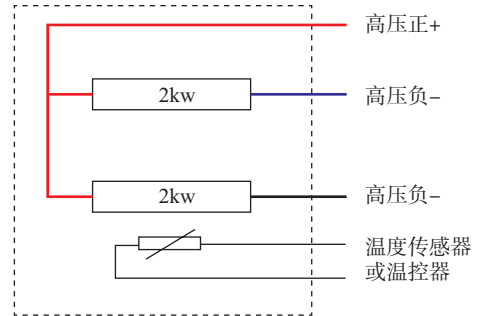


图 8-2-6 PTC 加热器内部电路

3. 北汽空调通风系统

北汽空调通风系统如图 8-2-7 所示。

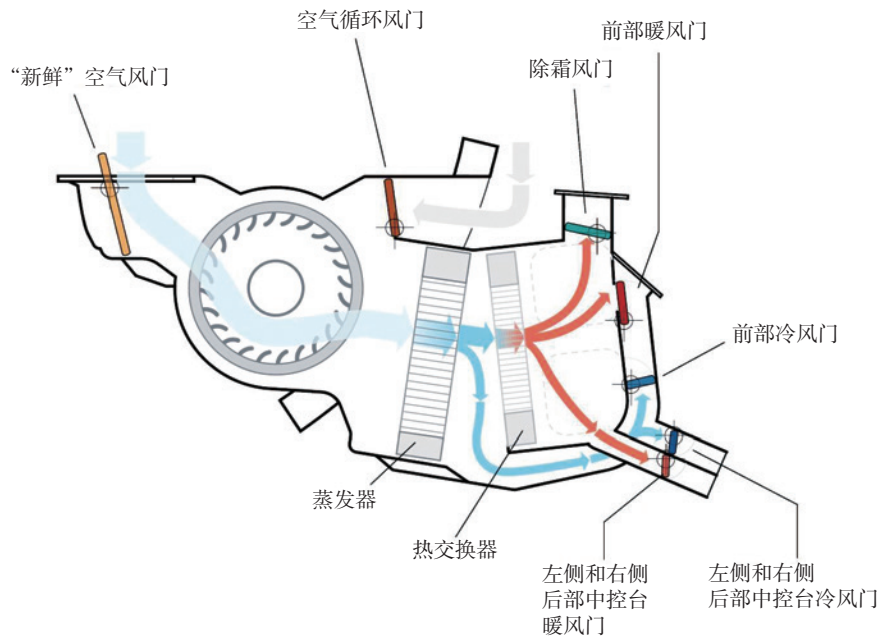


图 8-2-7 空调通风系统

4. 北汽空调控制电路

北汽空调控制电路图 8-2-8 所示。

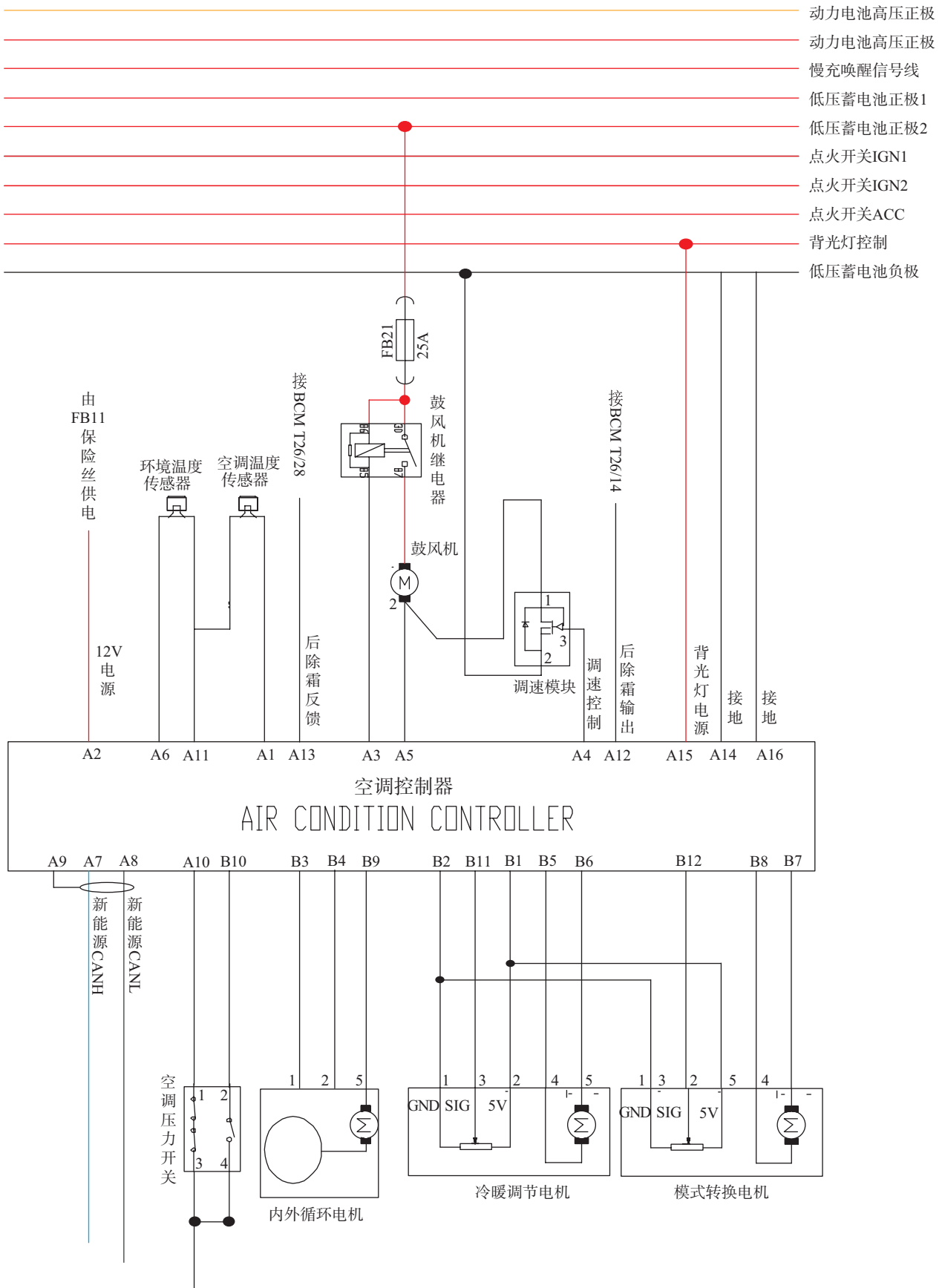


图 8-2-8 空调控制电路图

二、比亚迪秦空调系统

电动空调系统由电动压缩机、冷凝器、HVAC 总成、制冷管路、PTC 水加热器总成，空调电子水泵、暖风水管、风道、电子膨胀阀、温度压力传感器、压力传感器、空调控制器等零部件组成，如图 8-2-9 所示。

电动空调系统具有制冷、采暖、除霜除雾、通风换气等四种功能。

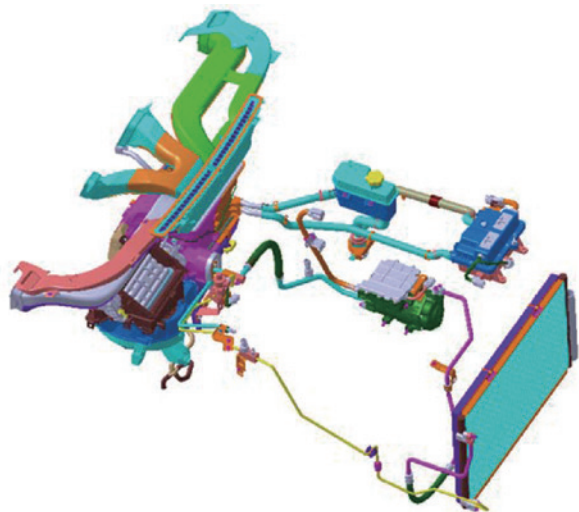


图 8-2-9 电动空调系统

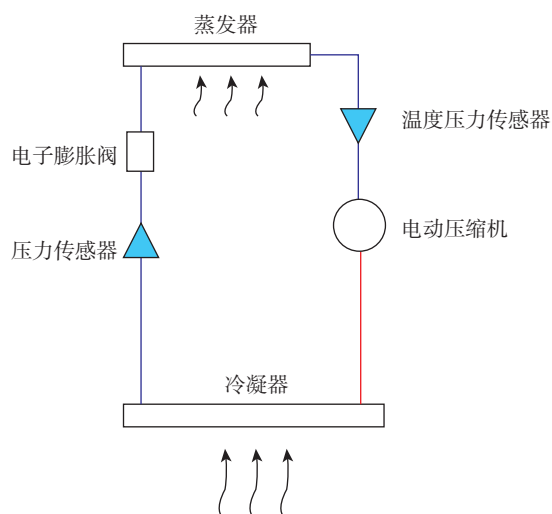


图 8-2-10 制冷系统示意图

1. 制冷系统

制冷系统示意图如图 8-2-10 所示。制冷系统采用电动压缩机，如图 8-2-11 所示，额定功率 2KW；系统工作时，高压压力 2.0-3.0Mpa；低压压力 0.5-1Mpa。电动压缩机模块与电动压缩机集成在一起，接高压电控端插头带高压互锁。压力传感器安装在高压管路上，如图 8-2-12 所示，温度压力传感器安装在低压管路上，如图 8-2-13 所示。此车空调系统还有一个特点是，使用电子膨胀阀，如图 8-2-14 所示。

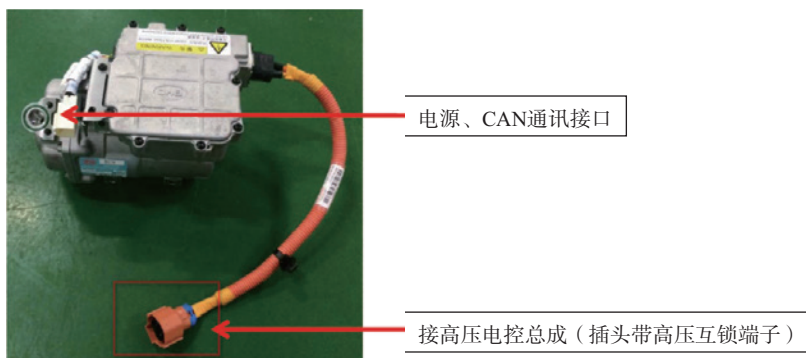


图 8-2-11 电动压缩机



图 8-2-12 压力传感器

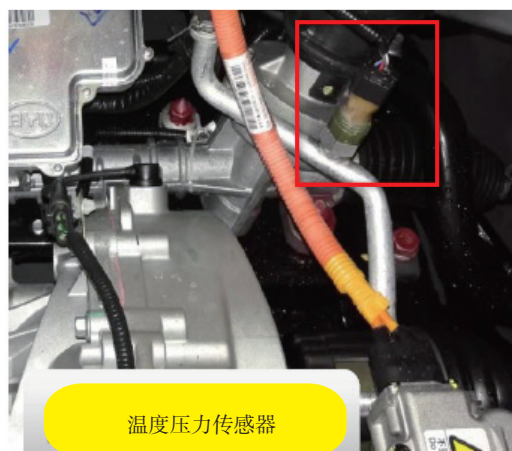


图 8-2-13 温度压力传感器



图 8-2-14 电子膨胀阀

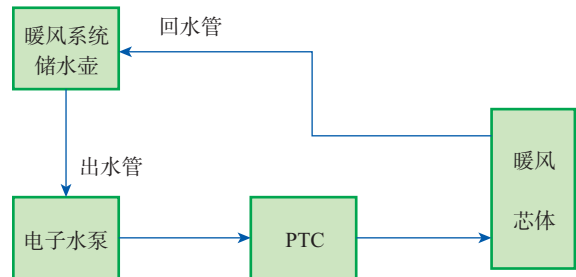


图 8-2-15 供暖系统循环图

2. 制热系统

供暖系统循环如图 8-2-15 所示，采用 PTC 水加热模块，额定功率 6KW，在 PTC 水加热模块带高压互锁端子和水温传感器，如图 8-2-16 所示，供暖系统有独自の储水壶。加热后冷却液由空调电子水泵带动供给暖风芯体，空调电子水泵安装在电动压缩机上端，如图 8-2-17 所示。空调控制器与 PTC 水加热模块集成在一起。



图 8-2-16 PTC 水加热模块和供暖系统储水壶

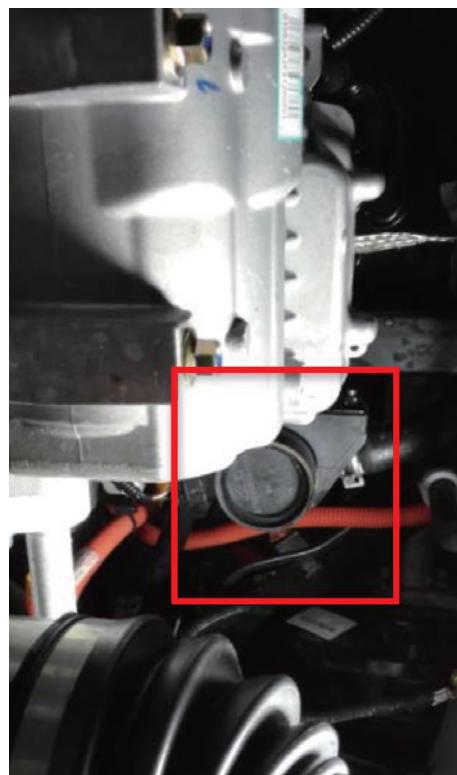


图 8-2-17 空调电子水泵

3. 空调控制

比亚迪秦采用自动空调系统，其控制原理如图 8-2-18 所示，空调控制器电路如图 8-2-19、8-2-20、8-2-21 所示。空调散热风扇受主控 ECU 控制。

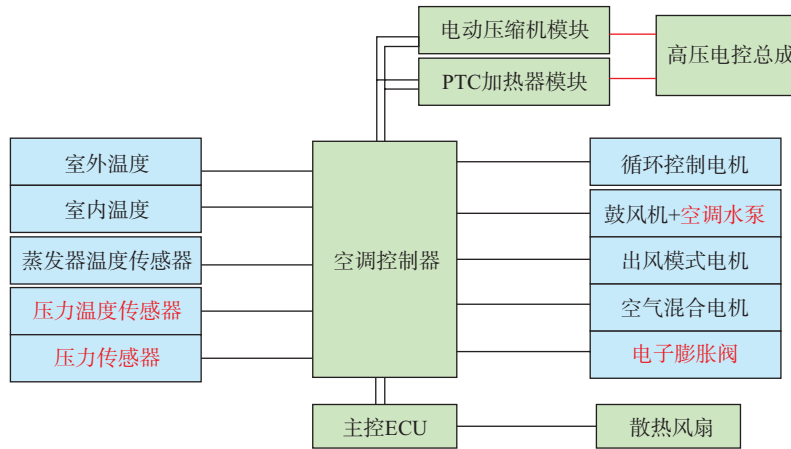


图 8-2-18 自动空调系统框图

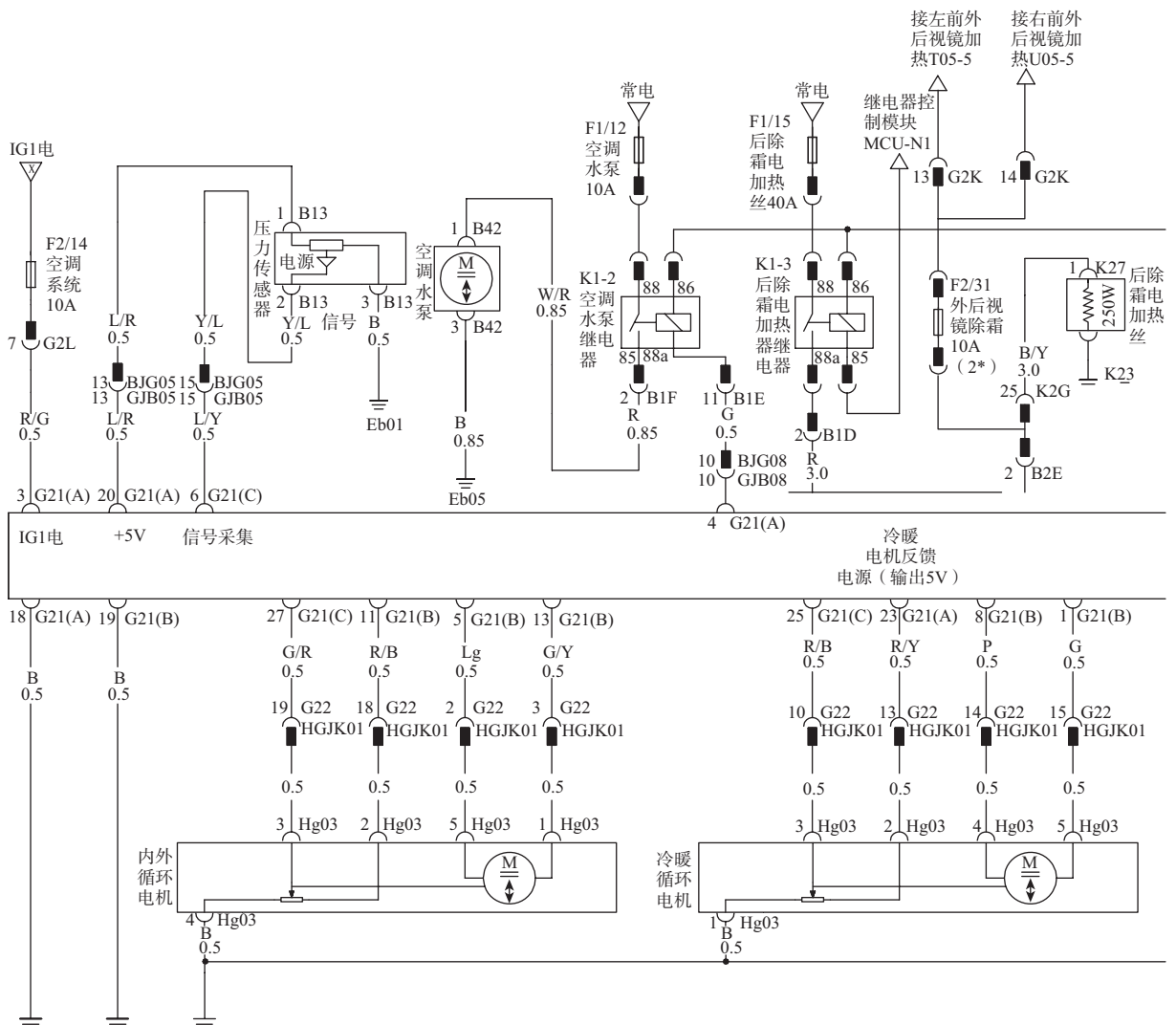


图 8-2-19 空调控制电路（一）

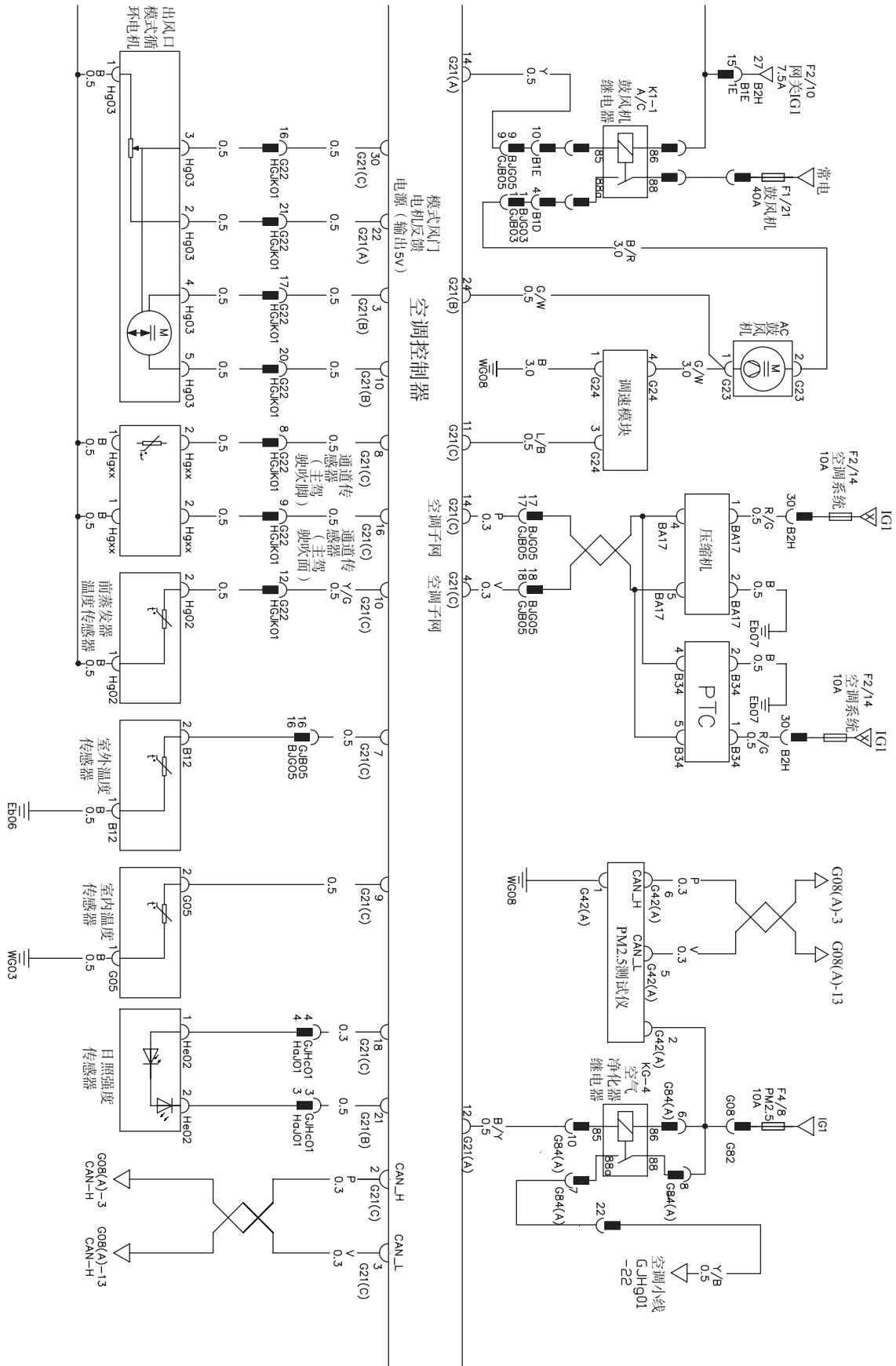


图 8-2-20 空调控制电路(二)

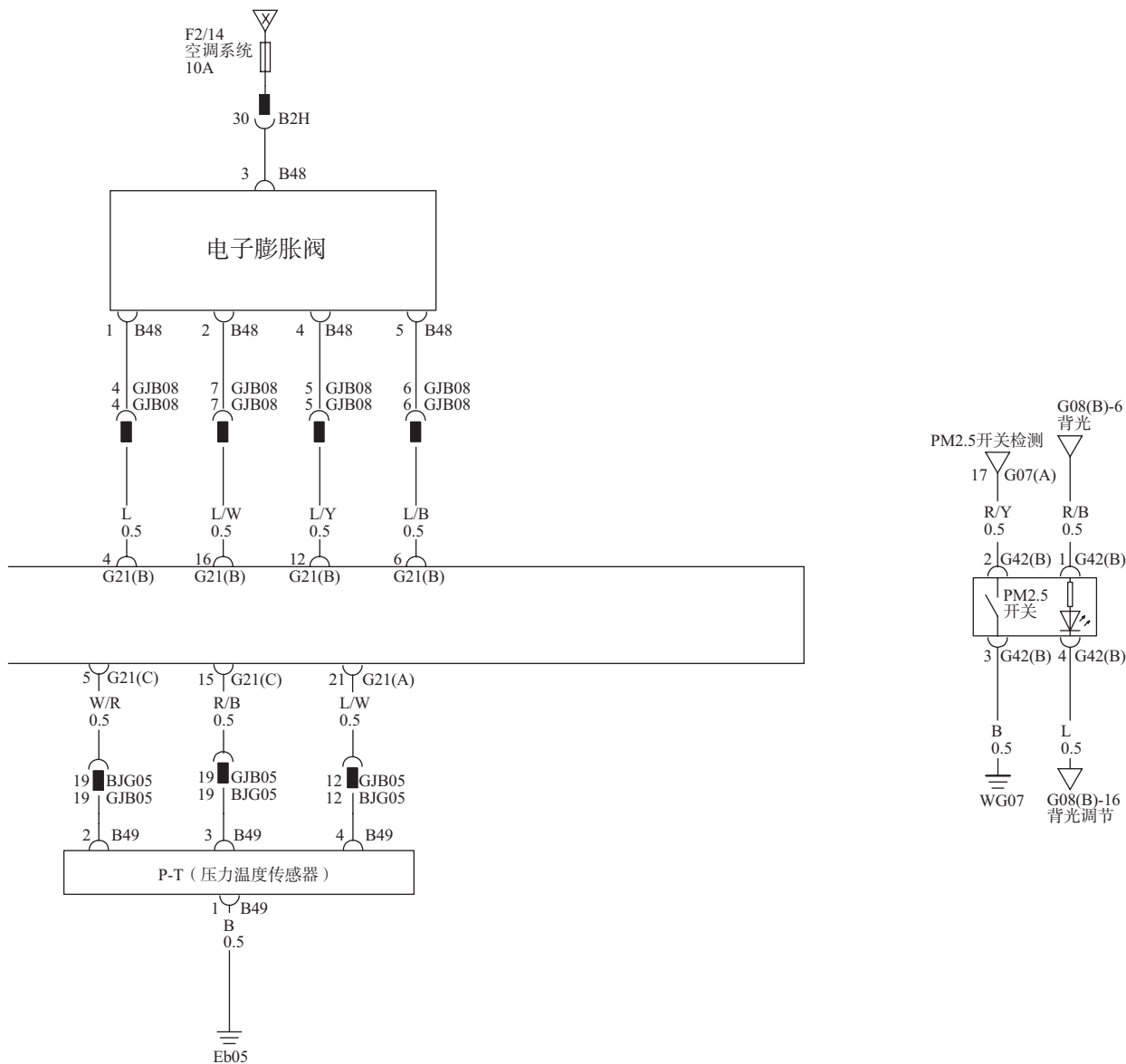


图 8-2-21 空调控制电路（三）

三、帝豪 EV540 汽车空调系统

帝豪 EV540 空调控制为控制面板 + 热管理控制器（黑盒子）方案，空调面板为按键信息采集部件，主要负责按键信息采集，然后将信息通过 LIN 线发给热管理控制器（黑盒子），由热管理控制器负责控制各元件工作。背光及显示信息由热管理控制器将信号通过 LIN 发给空调面板，在空调面板上显示。

自动空调系统的设计不论车辆外部天气状况如何都可以给乘客室提供舒适的乘坐环境，系统由制冷系统、制热系统、空气分配系统、模式 / 温度控制系统等主要部件组成。空调元件布置如图 8-2-22 所示，空调主机总成结构位置如图 8-2-23 所示。

1. 制冷系统

制冷系统原理如图 8-2-24 所示。

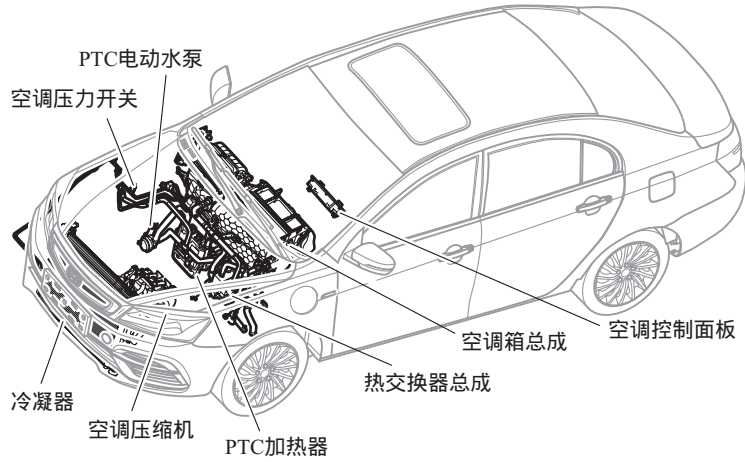


图 8-2-22 空调元件布置图

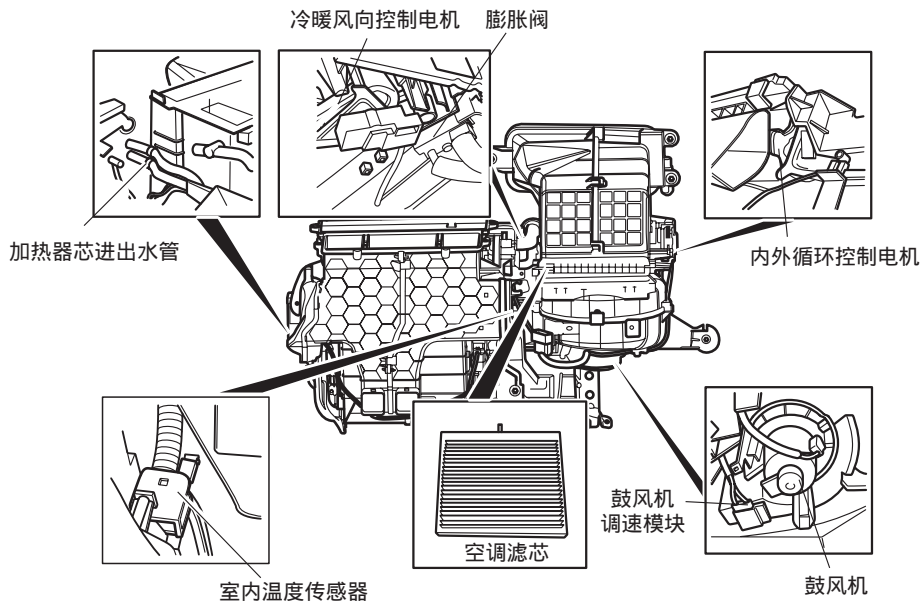
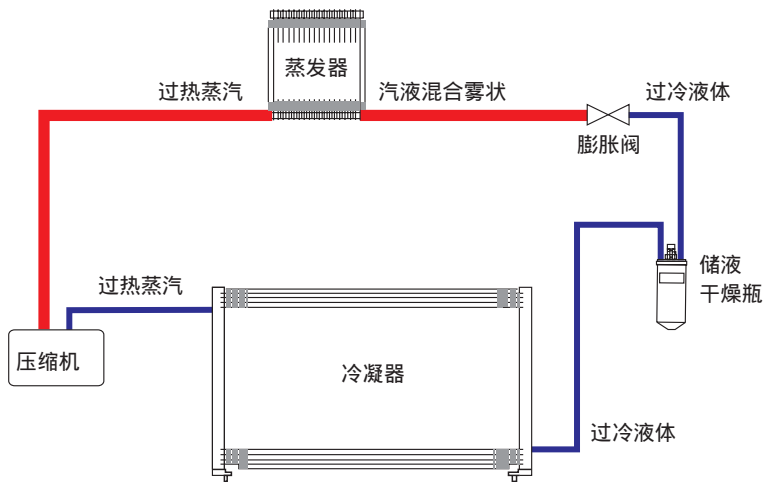


图 8-2-23 空调主机总成结构位置图



过热蒸汽-饱和蒸汽-凝结-饱和液体-过冷液体

图 8-2-24 帝豪 EV540 制冷系统原理

压缩机受高压电驱动，当压缩机工作时，压缩机吸入从蒸发器出来的低温低压的气态制冷剂，经压缩，制冷剂的温度和压力升高，并被送入冷凝器。在冷凝器内，高温高压的气态制冷剂把热量传递给经过冷凝器的车外空气而液化，变成液体。液态制冷剂流经膨胀阀时，温度和压力降低，并进入蒸发器。在蒸发器内，低温低压的液态制冷剂吸收经过蒸发器的车内空气的热量而蒸发，变成气体。气体又被压缩机吸入进行下一轮循环。这样，通过制冷剂在系统内的循环，不断吸收车内空气的热量并排到车外空气中，使车内空气的温度逐渐下降。

(1) 压缩机

压缩机类型为电动涡旋式，压缩机控制器与压缩机集成一体，通过电机自身的旋转带动涡旋盘压缩，完成制冷剂的吸入和排出，为制冷循环提供动力。

压缩机性能曲线（测试工况：高压 1.57MPa，低压 0.296MPa，过热度 10℃，过冷度 5℃）。

(2) 冷凝器与储液干燥器

从空调压缩机出来的高温高压制冷剂蒸汽流入冷凝器，冷凝器由能进行快速热传递的铝管和冷却翅片制成，冷却翅片通过散热把高温高压的制冷剂蒸汽凝结成中温高压的液体。

储液干燥器位于冷凝器的右侧，与冷凝器焊接成一体。储液干燥器内部结构设计可以保证中温高压的气液混和制冷剂进入，而从储液干燥器出来的是中温高压的液态制冷剂。储液干燥器内部有吸附制冷剂系统水分的干燥剂，干燥剂不能重复使用。由于穿孔、密封区损坏、外界空气进入系统的时间已相当长等现象时储液干燥器芯不能维修只能更换。

(3) 蒸发器与膨胀阀

蒸发器位于空调主机的左侧。空调主机安装在车上时，需要对其进行拆卸，才能拆卸和安装蒸发器与膨胀阀。拆卸时，蒸发器的制冷剂管路必须完全泄放。维修时，配备独立制冷剂管路的蒸发器必须是安装好的。膨胀阀与蒸发器相连，安装于蒸发器的一端，位于蒸发器进口，膨胀阀的一侧连接着空调压缩机的进、排气管，一侧连接着蒸发器的进、排气管，在液体管路内对高压液体制冷剂形成限制，使制冷剂流向蒸发器时成为低压液体。

膨胀阀根据空调压力下限、空调压力上限从大到小改变位置。蒸发器在空气进入乘客室之前对其进行冷却和除湿。蒸发器内制冷剂蒸发，从而吸收通过蒸发器气流的热量。空气中的热量传给蒸发器芯的时候，空气中的水分湿气会凝结在蒸发器芯的外表面上形成水流出。

蒸发器上配备有温度传感器以防止其结冰。该传感器对蒸发器上散热片的表面温度进行测量，若其温度低于大约 0℃（32°F），则压缩机就不会继续工作。若该温度增加至 4℃（39°F）以上，压缩机便重新开始工作。

(4) 制冷剂 R-134a 与润滑油

制冷剂在空调系统中有吸收热量、携带热量、释放热量的作用。车辆使用 R-134a 制冷剂，制冷剂 R-134a 为无毒、阻燃、透明、无色的液化气体。

进行需要打开制冷系统管路或部件的维修作业前，应参阅制冷剂管路和管接头的处置以及保持化学品稳定性的说明 R-134a 系统加注专用润滑油 MA68EV 合成制冷剂油，此制冷剂油易吸水，需要在密闭容器中进行储存。R-134a 空调系统的内部循环中只能使用 MA68EV 合成制冷剂润滑油。安装螺纹和 O 形密封圈处只能使用 MA68EV 合成制冷剂润滑油，使用其它润滑油会造成压缩机或附件故障。

(5) 空调高压管、空调低压管、空调压力开关

车辆采用空调高压管与低压管（空调硬管和 / 或软管）将空调制冷系统连接成一个密闭的系统，制冷剂与润滑油在这个密闭系统里流动，完成制冷剂的工作循环过程。空调硬管由铝管和相应接头组成，空调软管由橡胶软管和相应的接头组成。

空调压力开关属于三态压力开关，根据空调制冷循环制冷剂压力值，打开或关断压力开关，传送空调系统压力信号，实现空调系统的压力保护。

制冷管路电磁阀属于开关阀，根据需要在只有电池冷却时，关闭进入乘员舱的制冷剂回路。

2. 制热系统

制冷系统原理如图 8-2-25 所示。

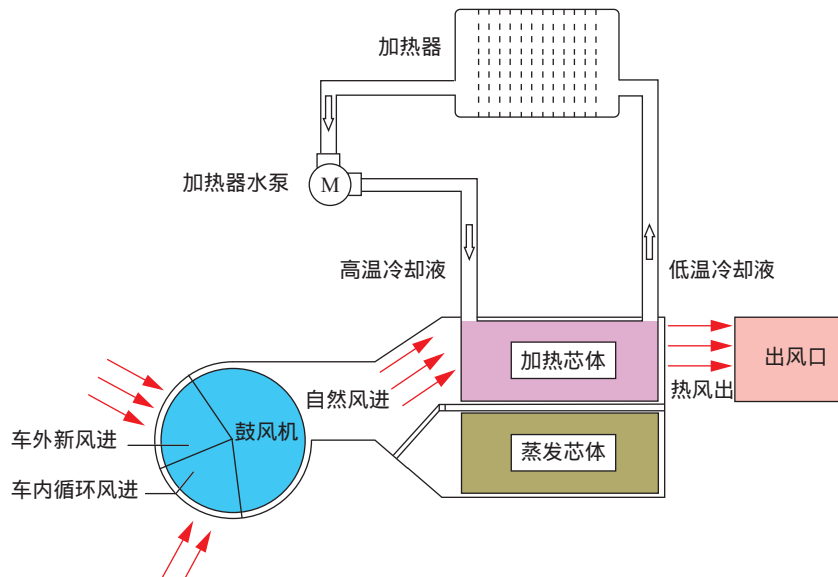


图 8-2-25 帝豪 EV540 制冷系统原理

制热系统包括鼓风机和电加热器（PTC）、加热器水泵、加热器芯体等组成。

当自动空调系统处于加热模式时，加热器在高压电的作用下对冷却液进行加热，高温冷却液被加热器水泵抽入加热器芯。同时，冷暖温度控制电机旋转转至采暖位置，气流在鼓风机的作用下流过加热器芯，产生热量传递。外部空气在进入乘客舱前，与加热后的空气混合，吹出舒适的暖风。

（1）加热器

加热器由 PTC 加热元件和散热元件组成，在一定电压范围内，加热的功率随电流变化而变化，PTC 热元件的电阻随温度变化的影响较小，因此电加热器可输出稳定的功率，从而为制热系统提供稳定的热源。

（2）加热器芯

加热器芯体是加热器系统的主要部件。加热器芯体位于空调主机内，发动机运转时发动机冷却液从发动机被泵入加热器芯体，加热器芯体将来自加热器冷却液的热量传输给流经加热器芯体的空气，加热器芯体有特有的进口和出口暖风水管。拆卸时，加热器芯体的暖风水管路必须完全泄放。

（3）加热器水泵

加热器水泵将电机控制电路、电机、水泵集成在一起空调控制器通过占空比对其进行控制。

3. 通风系统

通风系统原理如图 8-2-26 所示。

通风控制系统上的各种位置可使模式阀门通过风道混合或引入冷风、热风 and 外部空气通过空调系统，气流由风道系统和出风口将空气输送到乘客室。

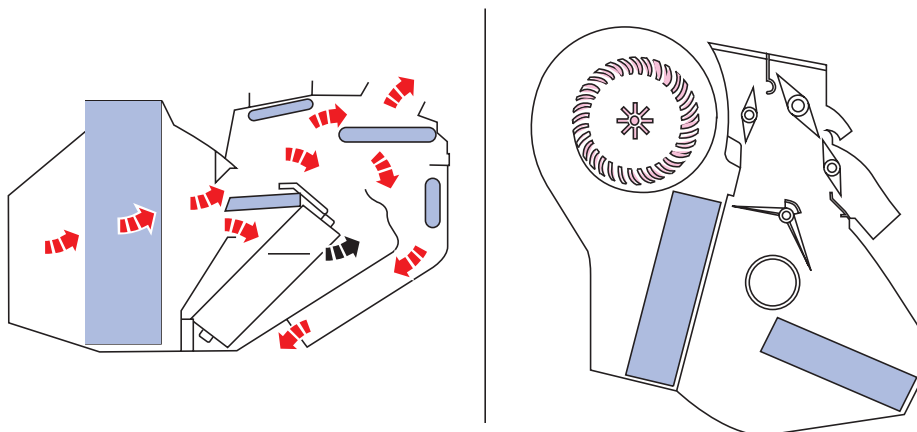


图 8-2-26 帝豪 EV540 通风系统原理

在“**AUTO（自动）**”模式中会自动选择相应的模式状态，使用“**MODE（模式）**”按钮可更改车辆的送风模式。如果当前显示一个送风模式，则按“**MODE（模式）**”按钮可选择下一送风模式。

空气流向按下列模式进行改变：• 吹面—通过仪表板出风口送风。

- 双向—通过仪表板出风口、吹脚出风口送风。
- 吹脚—通过吹脚出风口送风。
- 混和—通过吹脚、前风窗出风口送风。
- 除霜—前风窗出风口送风。

4. 控制系统

控制系统由空调控制面板、一些传感器、执行器组成。可以控制面板将面板开关显示器和空调控制器合成在一起。空调系统控制电路如图 8-2-27、图 8-2-28、图 8-2-29、图 8-2-30、图 8-2-31、图 8-2-32、图 8-2-33 所示，。

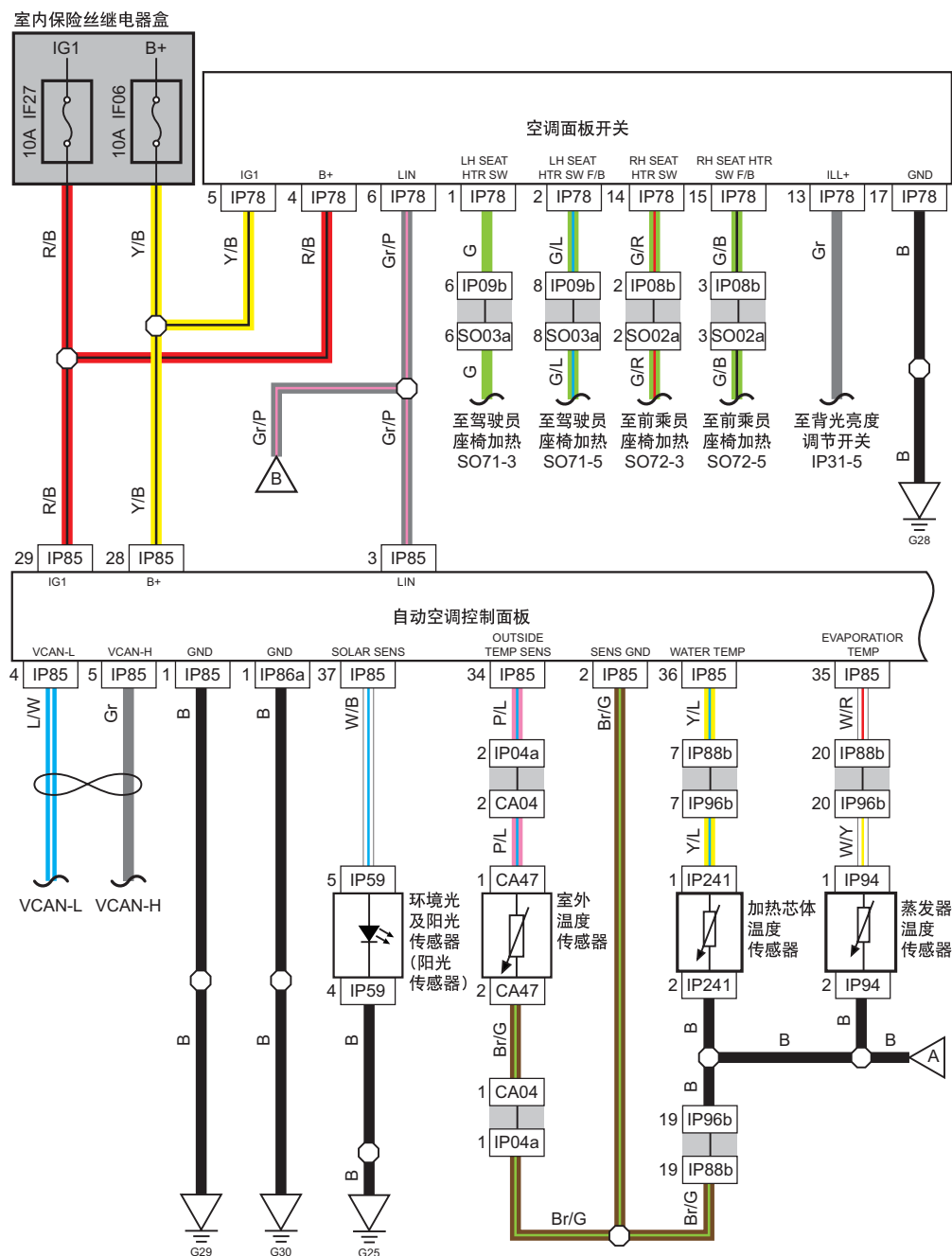


图 8-2-27 帝豪空调系统电路图 (1)

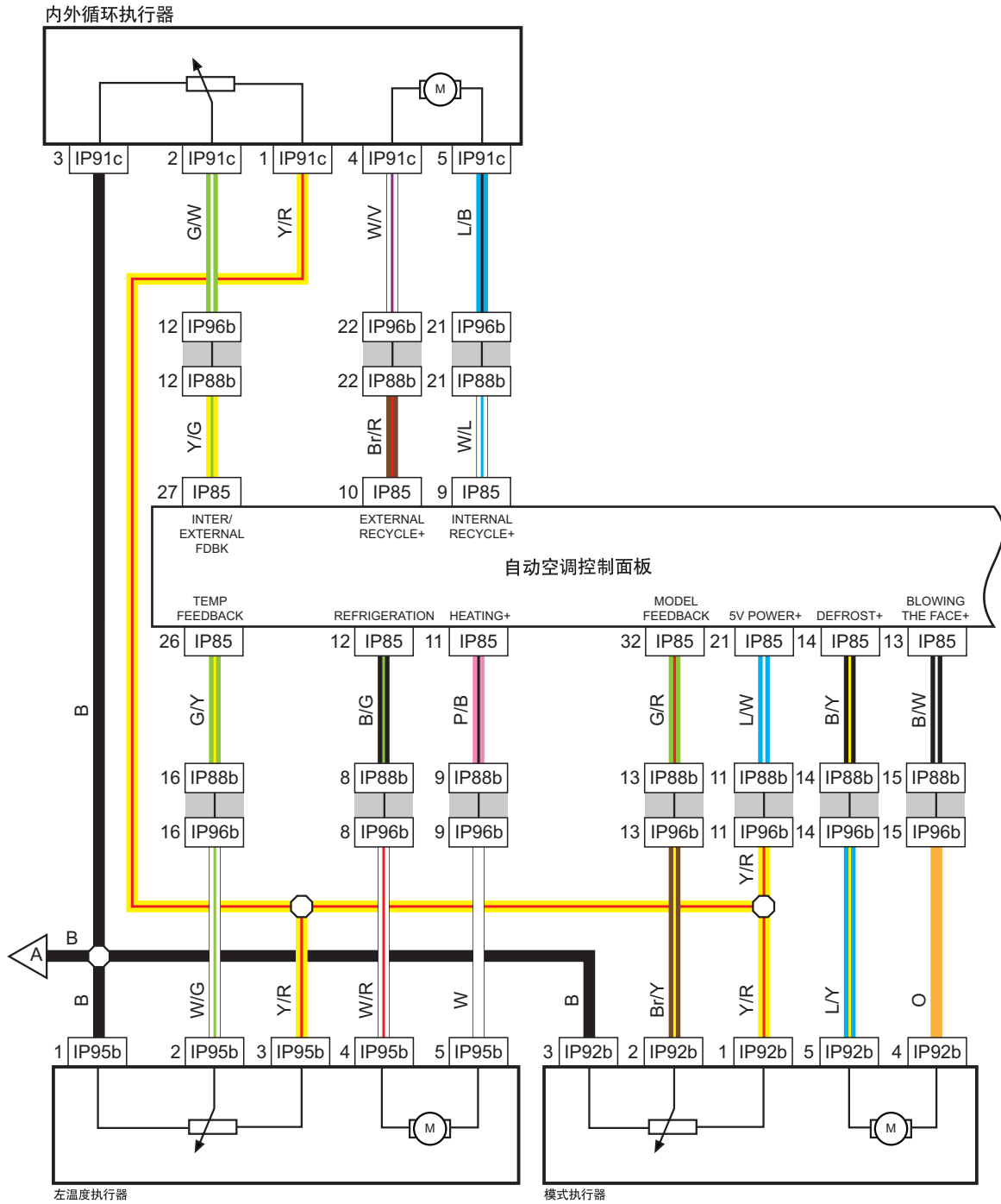


图 8-2-29 帝豪空调系统电路图 (3)

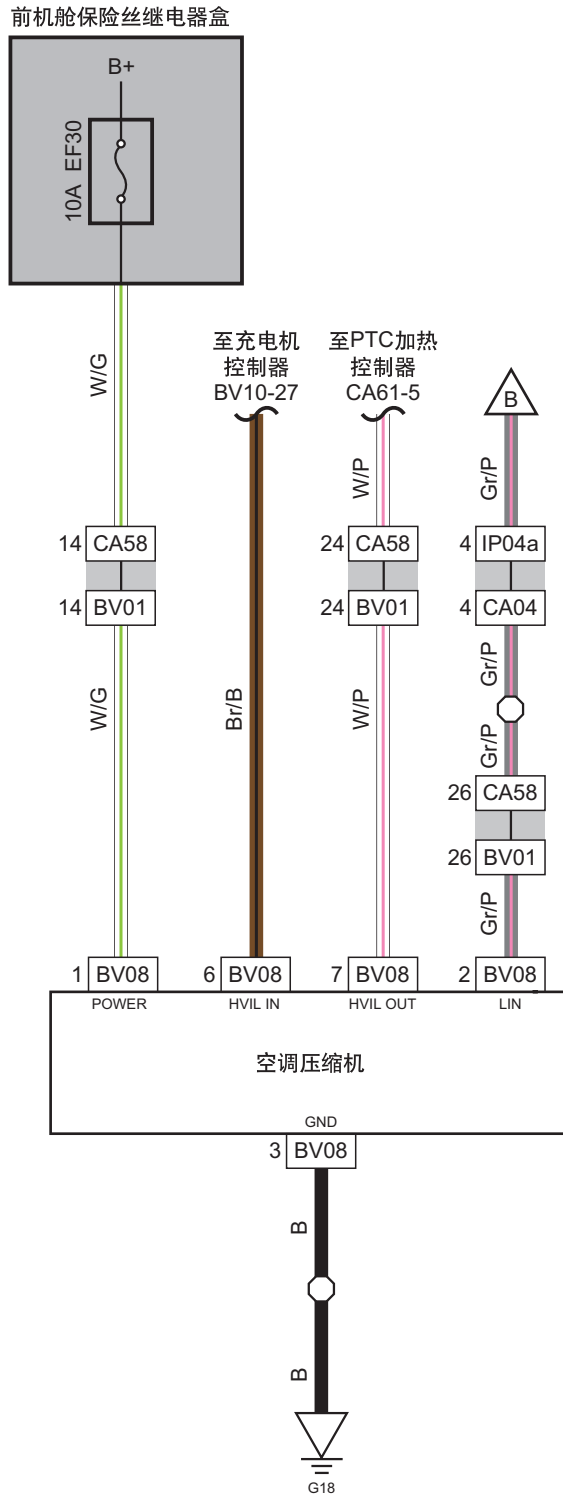


图 8-2-30 帝豪空调系统电路图 (4)

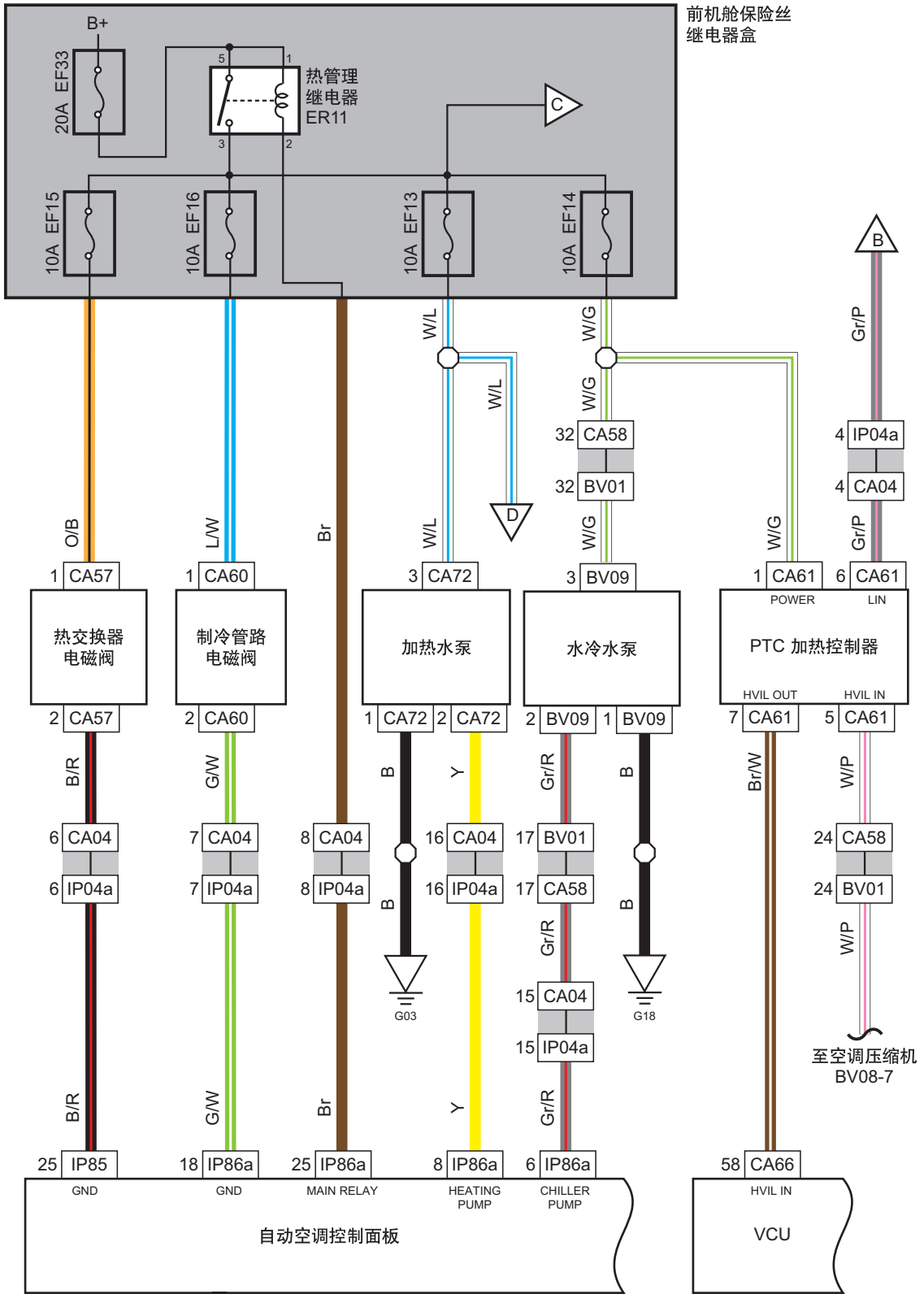


图 8-2-31 帝豪空调系统电路图 (5)

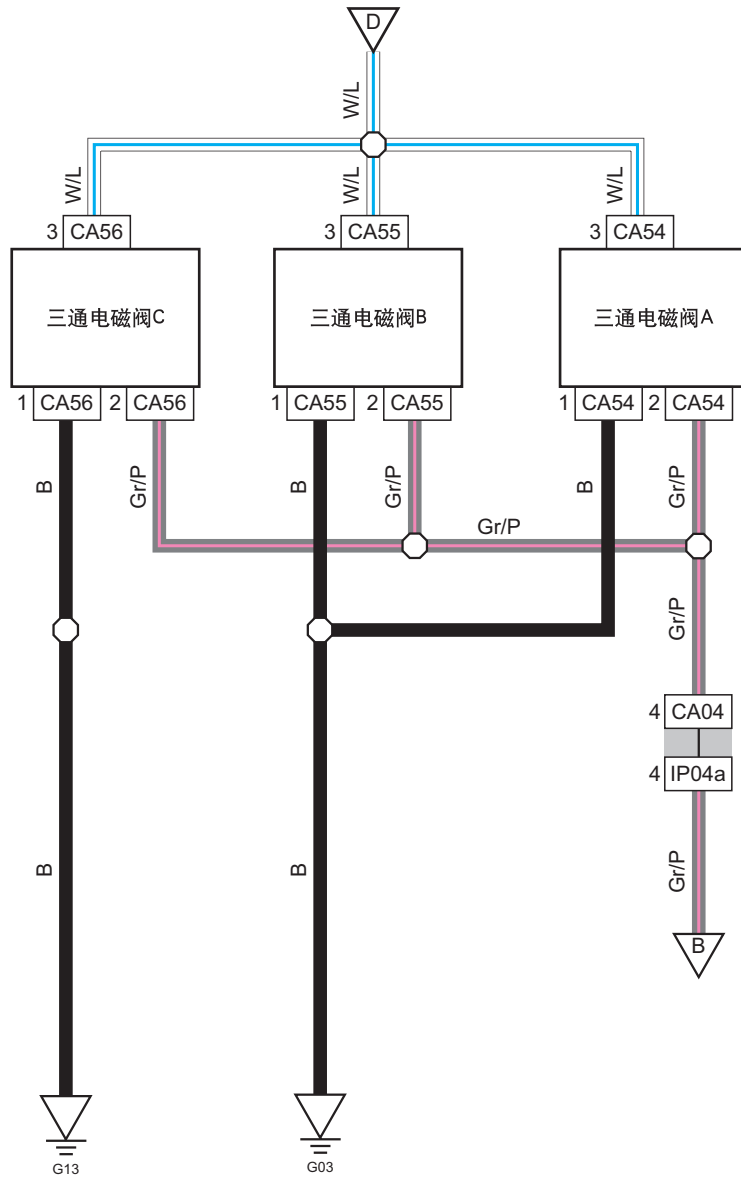


图 8-2-32 帝豪空调系统电路图 (6)

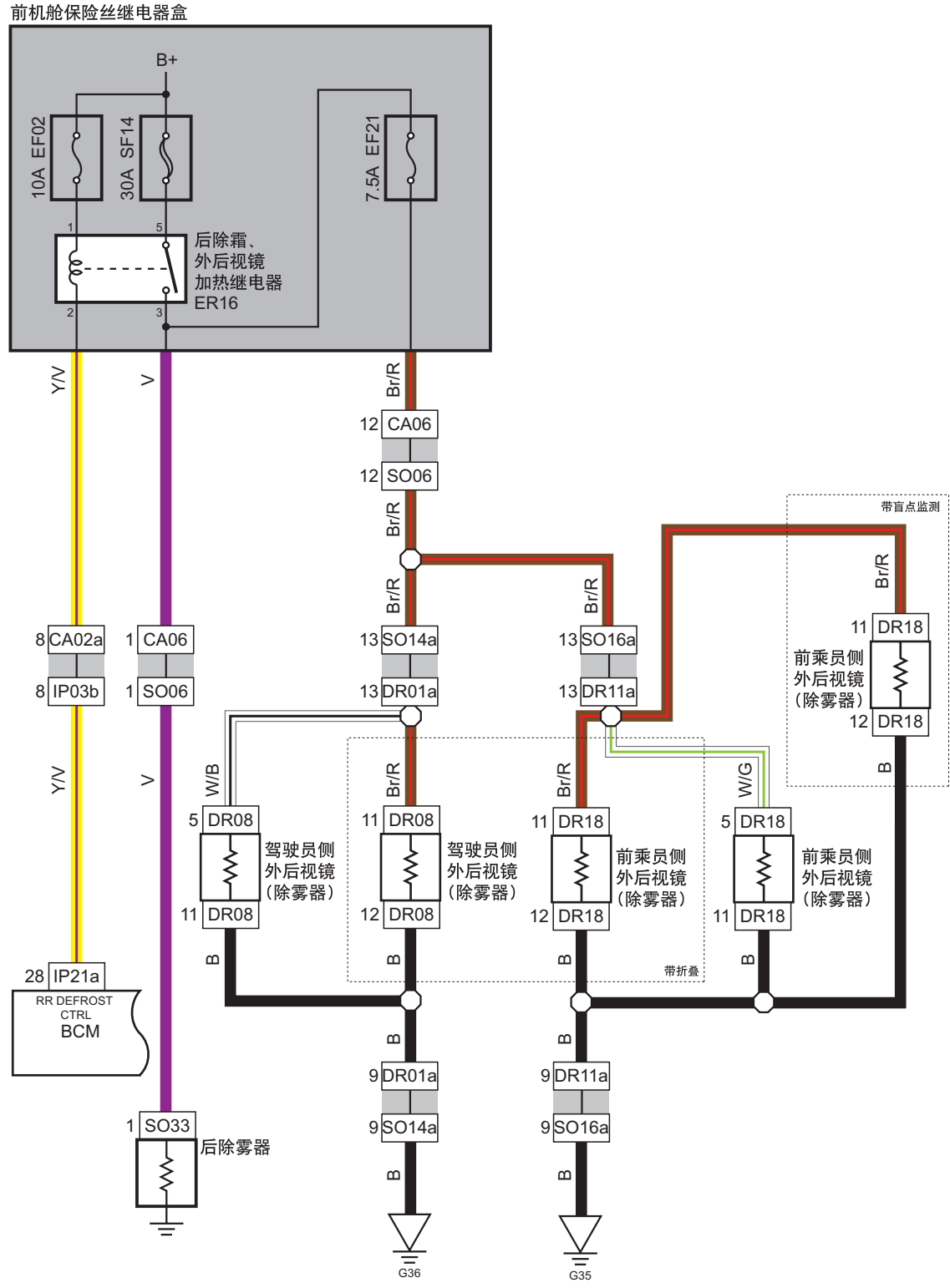


图 8-2-33 帝豪空调系统电路图 (7)

(1) 传感器

空调控制系统传感器包括室外温度传感器、环境温度及阳光传感器、加热芯体温度传感器、蒸发器温度传感器、空调压力传感器等，这里仅对一些传感器进行介绍。

1) 室外温度传感器

室外温度传感器影响车内空气温度的自动控制：这些传感器都是对温度敏感的热敏元件，传感器的电阻和温度呈反比对应关系。空调控制模块根据电阻值信息设置内外循环电机，冷暖温度风向电机，鼓风机调速模块等来控制空调温度。

室外温度传感器位于车辆前保险杠下面的前格栅区域，空调控制模块使用这个传感器来获知周围空气温度信息，使用该信息空调控制模块会在仪表上显示外部温度。

2) 环境光及阳光传感器

环境光及阳光传感器位于仪表板上部装饰衬垫左边。环境光及阳光传感器属于光照能量传感器，该传感器可测量阳光照射到车辆所产生的热量，为空调控制模块提供更多的补偿参数。空调控制模块根据车外光照强度的状态和车内空调工况需求，实时自动调整空调风量和冷 / 热风混合比例，让所有乘员均能获得最舒适的感觉。

(2) 执行器

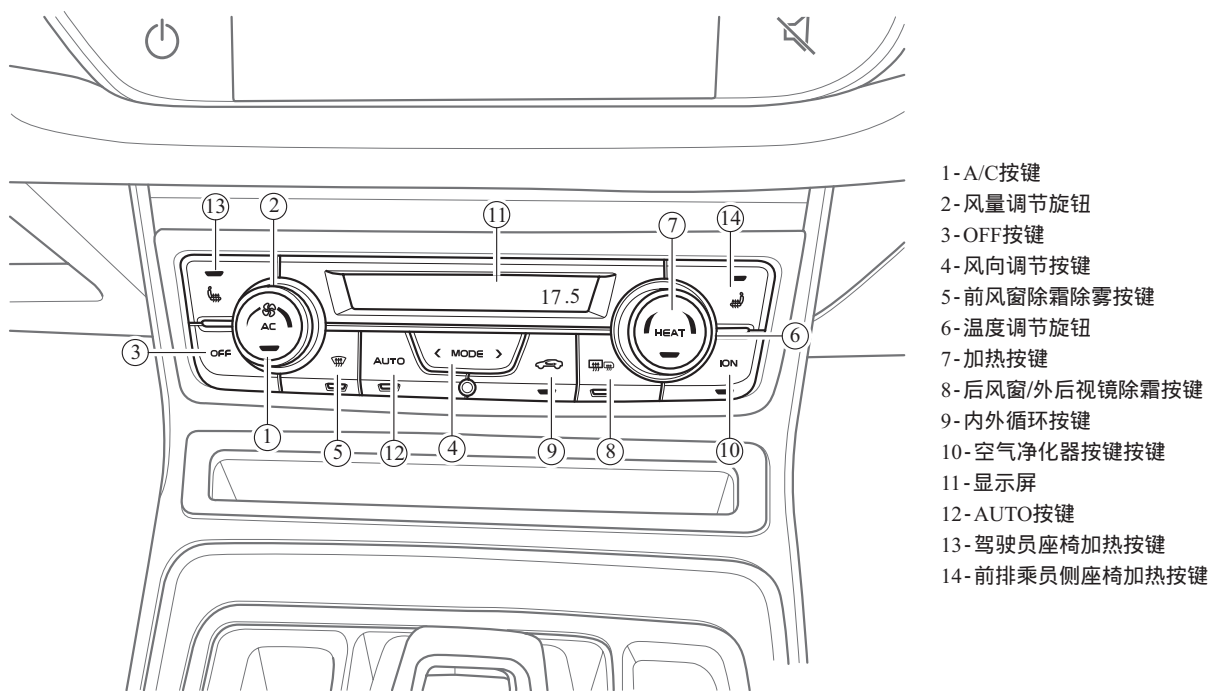
执行器包括电动压缩机、PTC、鼓风机、内外循环执行器、左温度执行器、模式执行器、热交换电磁阀、制冷管路电磁阀、加热水泵、水冷水泵、三通电磁阀 A、B、C（用于电机、电池冷却循环控制和暖风循环控制，具体控制见《电动汽车动力系统结构与原理》相关内容。

空调控制面板根据传感器和面板开关的信号对执行器进行控制，其中内外循环执行器、左温度执行器、模式执行器采用直接测量位置信号进行控制方式；电动压缩机、PTC、空调面板开关、三通电磁阀 A、B、C 采用 LIN 线控制，加热水泵、水冷水泵则通过输出占空比到集成水泵的控制方法。

鼓风机由永磁型马达、鼠笼式风扇组成。鼓风机在不同转速下运转转速的变化取决于鼓风机调速模块。在自动状态下，鼓风机速度将由系统自动控制，对风量调节旋钮的操作会使系统状态由自动模式转为手动模式。

(3) 空调控制面板

空调控制面板将空调控制面板开关、空调控制器集成在一起，其面板操作功能如图 8-2-34 所示。



- 1-A/C按键
- 2-风量调节旋钮
- 3-OFF按键
- 4-风向调节按键
- 5-前风窗除霜除雾按键
- 6-温度调节旋钮
- 7-加热按键
- 8-后风窗/外后视镜除霜按键
- 9-内外循环按键
- 10-空气净化器按键
- 11-显示屏
- 12-AUTO按键
- 13-驾驶员座椅加热按键
- 14-前排乘员侧座椅加热按键

图 8-2-34 空调控制面板操作功能

(4) 自动空调系统原理
 帝豪 EV450 空调系统控制框架如图 8-2-35 所示。

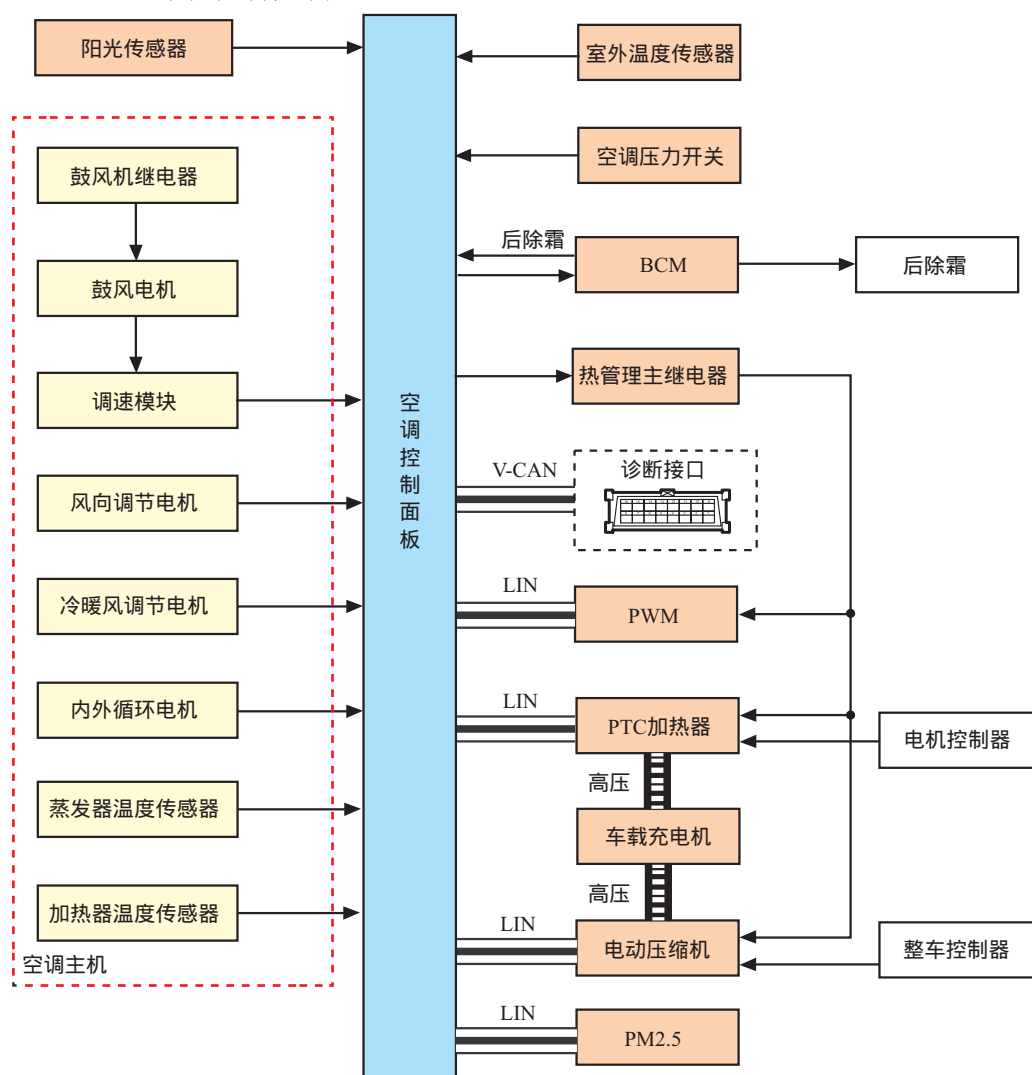


图 8-2-35 帝豪 EV450 空调系统控制框架图

1) 温度设定

温度调节用来设定车内温度，该温度值作为用户信息显示在 LCD 上。温度设置范围在 16-32℃ (61-90°F) 之间，温度调节每步为 0.5℃ (1.4°F)。当设定温度低于 16℃ (61°F) 时，LCD 显示 LO，高于 32℃ (90°F) 时显示 HI。

在自动模式下，当进入 LO/HI 时，系统将保持最大风量送风状态持续运行。

2) 风量设定

风量调节旋钮用来手动设定鼓风机风速。风量共分为 0-7 档，用户可以根据实际需要手动调节合适的档位。

在自动状态下，鼓风机速度将由系统自动控制，对风量调节旋钮的操作会使系统状态由自动模式转为手动模式，AUTO 标识消失，空调系统采用电压性调节方式控制鼓风机转速的 1~7 档。

在自动状态下，鼓风机速度作为自动控制逻辑的一部分。鼓风机速度不限于手动状态下的 7 级调节，但是 LCD 显示只有 7 条，所以指示条数量显示的是最接近的鼓风机速度。

3) 手动调节 / 自动调节出风模式

自动空调控制器提供了手动和自动两种出风模式供用户选择。通过调节面 / 脚 / 挡风玻璃的风门可以控制出风模式。吹头和吹脚的温度分配的不同是为了给脚部提供较温暖的空气，给头部提供较凉爽的空气，保证驾驶者始终处于舒适的环境中驾驶。温度分配的范围将受到汽车空间大小的影响。

自动空调控制器使用蒸发器温度传感器来确定混合气体的温度。

手动状态下，用户可以选择 4 种出风模式：吹面、双向（吹面和吹脚）、吹脚、混合（吹脚和除霜），除霜模式为单独按键各出风模式下，LCD 显示相应标识。各出风模式对应的角度及电压如下：

吹面	4.5V
双向（吹面和吹脚）	3.5V
吹脚	2.5V
混合（吹脚和除霜）	1.5V
除霜	0.5V

在自动状态下，出风模式是自动控制逻辑的一部分，出风模式由控制器自动选择。为达到舒适程度，空调控制模块选择一个当时最接近的模式显示在 LCD 上。当对出风模式按键进行操作时，系统将从自动模式转到手动模式。

4) 内外循环控制

高配 ATC 提供了 3 种内外循环控制模式，分别是手动内循环，手动外循环和自动（AQS）。低配 ATC 提供了 2 种内外循环控制模式，分别是手动内循环，手动外循环。用户可以通过操作内 / 外循环按键使内外循环模式进行切换。

可以通过操作内外循环按键和 AUTO 按键来控制循环模式，控制面板得到用户设定的温度值、当前车外环境温度、车内温度、蒸发器表面温度、车速信号、水温信号、阳光强度，AQS 信号等，输入给热管理控制器计算内外循环风门位置。

用户可以通过操作 AUTO 按键或者内 / 外循环按键切换至 AQS 模式，使内外循环模式控制进入自动模式（AQS 模式）。自动模式中，当内循环模式保持 45 分钟时，自动强制切换为外循环并保持 30 秒，30 秒后回到内循环模式，与空气质量指令冲突时，优先空气质量指令。

5) 除霜控制

通过操作前除霜按键进入最大除霜模式，进入最大除霜模式后，吹风模式为吹窗模式。此时风机速度最大。

① 前挡风玻璃除霜功能

任意工作状态下（自动、手动、关机），按下除霜按钮，系统即在除霜状态下工作。除霜状态解除后，系统即回到除霜前的状态（自动、手动、关机）。

在除霜状态下按动风速调节按钮会使风速相应提高或降低。工作状态保持除霜，压缩机继续工作，出风模式保持吹玻璃。

在除霜过程中，除风速调节、温度调节、和后除霜按钮以外，对其他按钮的操作都会使系统离开除霜模式而回到除霜前的模式（新选择的功能除外）。

② 后除霜功能

后除霜按钮用来启动后挡风玻璃除霜功能。在后挡风玻璃除霜期间，后除霜按钮指示灯点亮，关闭后除霜功能，则指示灯熄灭。用户可以再次按下后除霜按钮取消后除霜功能。

6) 自动与手动工作状态

系统有自动（AUTO）、手动（MANU）和停止（OFF）三种状态。

按 AUTO 按键后，室内设定温度自动跳转至 23℃，内外循环根据当前工作状态进行调整（制冷工况进入内循环，采暖工况进入外循环）且在调整温度时不退出自动模式；可以通过操作 MODE 按键、AC 按钮、风量调节旋钮使压缩机控制进入手动模式。

7) 压缩机开启策略

① 压缩机开启关闭的保护

压缩机的开启与关闭收到蒸发箱温度、环境温度、系统压力的保护控制：

A. 蒸发器温度保护区间：

大于等于 4℃ 允许开启压缩机

小于等于 0℃ 禁止开启压缩机

B. 环境温度保护区间：

大于等于 -1℃ 允许开启压缩机

小于等于 -3℃ 禁止开启压缩机

③ 系统压力保护区间：

高低压接通时 允许开启压缩机

高低压断开时 禁止开启压缩机

②压缩机控制逻辑

A. 请求 1：人机交互控制输出的压缩机请求

压缩机开启请求：

用户通过 AC 按键开启压缩机请求或用户通过最大制冷按键开启压缩机请求，此时，AC 按键指示灯点亮，压缩机开启。

压缩机关闭请求：

用户通过 AC 按键关闭压缩机请求或用户通过最大制冷按键关闭压缩机请求，此时，AC 按键指示灯熄灭，压缩机关闭。

B. 请求 2：AUTO 模式下根据实际情况计算的压缩机开启需求

压缩机开启请求：

蒸发器温度允许开启压缩机、且系统压力允许开启压缩机且环境温度允许开启压缩机且请求 1 开启，此时，AC 按键指示灯点亮，压缩机开启。

压缩机关闭请求：

蒸发器温度禁止开启压缩机、或系统压力禁止开启压缩机、或环境温度禁止开启压缩机、或请求 1 关闭，此时，AC 按键指示灯熄灭，压缩机关闭。

C. 请求 3：BMS 输入的电池冷却请求

压缩机开启请求：

BMS 有电池冷却需求、且环境温度大于 16℃、蒸发器温度允许开启压缩机、且系统压力允许开启压缩机，此时，压缩机开启。

压缩机关闭请求：

BMS 没有电池冷却需求 \ 或环境温度小于 16℃ \ 蒸发器温度禁止开启压缩机 \ 或系统压力禁止开启压缩机，此时，压缩机关闭。

D. 请求 4：远程空调控制输出的压缩机请求

E. 请求 5：语音空调控制输出的压缩机请求

5. 故障诊断

(1) 故障码

通过诊断接口，空调控制模块可以发送相应的诊断信息给专用诊断仪，专用诊断仪可以从空调控制模块中读取空调控制模块厂家编号和软件版本号等信息。故障码如表 8-2-2 所示。

表 8-2-2 空调系统故障码表





故障诊断代码	说明
U007300	控制 CAN 总线关闭
U010087	与 EMS 通信丢失
U011087	与 IPU 通信丢失
U011287	与 BMSH 通信丢失
U012287	与 ESC 通信丢失
U014087	与 BCM 通信丢失
U015587	与 IPK (ICU) 通信丢失
U015687	与 MMI 通信丢失
U019887	与 TBOX 通信丢失
U021487	与 PEPS 通信丢失
U040181	EMS 信号无效
U041681	ESC 信号无效
U111487	与 VCU 通信丢失
U111587	与 OBC 通信丢失

故障诊断代码	说明
U010187	与 TCU 通信丢失
U300616	控制模块输入电压低
U300617	控制模块输入电压高
B118017	鼓风机电压反馈与目标值相差大
B118111	驾驶员侧温度调节电机对地短路
B118115	驾驶员侧温度调节电机对电源短路或开路
B118171	驾驶员侧温度调节电机堵转
B118311	出风模式调节电机对地短路
B118315	出风模式调节电机对电源短路或开路
B118371	出风模式调节电机堵转
B118411	循环风门电机对地短路
B118415	循环风门电机对电源短路或开路
B118471	循环风门电机堵转
B118511	车内温度传感器对地短路
B118515	车内温度传感器对电源短路或开路
B118611	蒸发器温度传感器对地短路
B118615	蒸发器温度传感器对电源短路或开路
B118711	车外温度传感器对地短路
B118715	车外温度传感器对电源短路或开路
B118C00	与 ION 通讯丢失
B118C96	ION 硬件故障
B118D00	与 PM2.5 通讯丢失
B118D96	PM2.5 硬件故障
B118E96	PTC 故障
B118F96	压缩机故障
B11907B	电机电控冷却水泵空载
B119097	电机电控冷却水泵堵转 / 过流
B119098	电机电控冷却水泵过温关闭
B119021	电机电控冷却水泵转速过低
B119013	电机电控冷却水泵开路
B11917B	电加热水泵空载
B119197	电加热水泵堵转 / 过流
B119198	电加热水泵过流关闭
B119121	电加热水泵转速过低
B119113	电加热水泵开路
B11927B	电池冷却液电子水泵空载
B119297	电池冷却液电子水泵堵转 / 过流
B119298	电池冷却液电子水泵过温关闭
B119221	电池冷却液电子水泵转速过低
B119213	电池冷却液电子水泵开路
B119501	水阀 1 故障
B119601	水阀 2 故障

故障诊断代码	说明
B119701	水阀 3 故障
B119411	压力传感器对地短路
B119415	压力传感器传感器对电源短路或者开路
U111F87	与 PTC 通讯丢失
U016B87	与 ACCM 通讯丢失
U025987	与 VCU 通讯丢失 (LIN 总线)
U111C87	与 WV1 通讯丢失
U111D87	与 WV2 通讯丢失
U111E87	与 WV3 通讯丢失
U016687	与 FCP 通讯丢失

(2) 数据分析
空调系统故障诊断数据流列如表 8-2-3 所示。

表 8-2-3 空调系统故障诊断数据流列表

DID 描述	正常范围	单位
ECU Supplier voltage ECU 电压	9-16	V
Driver/Left TempActuator 驾驶员侧温度风门位置	2%~98%	
InCar Temperature 车内温度	-40~87℃	℃
Ambient Temperature 环境温度	-40~87℃	℃
Evaporator Temperature 蒸发器温度	-40~87℃	℃
PassageSeatBeltStatus 乘客座安全带状态	/	/
PassageAirBagStatus 乘客座气囊状态	/	/
InCarAirQuanlityStatus 车内空气质量状态	/	/
InCarAirQuanlityValue 车内固体颗粒 PM2.5	0-999	ug/m ³
Loop mode 内外循环模式	/	/
ION state ION (负离子) 状态	/	/
AC working state 空调工作状态	/	/
Blower Level 鼓风机档位	/	/
MODE state 吹风模式状态	/	/
Defrost state 除霜状态	/	/
Rear Defrost state 后除霜状态	/	/
A/C state A/C 制冷状态	/	/
MAX A/C state 最大制冷状态	/	/
Dual state 双区控制状态	/	/
Passenger/Right TempActuator 副驾驶员侧温度风门位置	2%~98%	%
RecirculationActuator 进风风门位置	2%~98%	%
In Car Air Quanlity Value for house dirty 车内大颗粒粉尘数值		
Driver side Sunload Value 驾驶侧光照强度	0~2000W	W/m  2 
Passenegr side Sunload Value 副驾侧光照强度	0~2000W	W/m  2 
OutSideAirQuanlityStatus 车外空气质量状态	/	/
OutSideAirQuanlityValue 车外固体颗粒 PM2.5	0-999	ug/m ³
AQS Sensor Voltage 空气质量传感器电压	0.1~4.9	V
Coolant Temperature 水温	36.8~137.2	℃
LCD BackLight PWM Duty LCD 背光占空比	0~100	%

DID 描述	正常范围	单位
Telltale PWM Duty 指示灯占空比	0~100	%
PM2.5 module runingstatus PM2.5 传感器的工作状态	/	/
Relative Humidity 相对湿度	-0.5~100.5	%
Window temperature 车窗温度	-39.6~60.4	°C
dew-point temperature 露点温度	-39.6~60.4	°C
CO Level 一氧化碳等级	5~45	%
NO2 Level 二氧化氮等级	55~95	%
Compressor Off code 压缩机关闭码	0~14	

(3) 空调鼓风机不工作

- 1) 检查鼓风机保险丝 EF29、SF10 是否熔断，电源线路是否良好。
- 2) 检查鼓风机是否正常。
- 3) 用替代法检查鼓风机继电器 ER10 是否正常。
- 4) 检查 A/C 空调控制器与鼓风机继电器之间的线束。
- 5) 检查鼓风机调速模块与 A/C 空调控制器之间的线束。
- 6) 依次更换更换鼓风机调速模块和换 A/C 空调控制器。

(4) 空调压缩机不工作

- 1) 使用故障诊断仪读取故障代码，如有故障码，按故障码进行诊断。
- 2) 检查保险丝 EF30 是否熔断，线路是否良好。
- 3) 检查鼓风机是否工作正常，如不正常优先排除鼓风机故障。
- 4) 检查空调制冷剂系统压力。
- 5) 检查空调制压力开关及线路是否良好。
- 6) 检查蒸发器温度传感器信号是否正常。
- 7) 检查室外温度传感器、阳光传感器是否正常。
- 8) 依次更换压缩机总成和空调控制器。

第9章

制动系统



1. 理解整车控制器的功能
2. 了解整车控制器的类型
3. 掌握常见电动汽车整车控制器组成原理及检测



第一节 制动系统结构原理

一、电动汽车制动力生成

电动汽车的制动力来自液压制动和再生制动，液压制动由 ABS 系统产生，其结构原理和传统汽车是一样的。再生制动是电动汽车所独有的，是利用电机的电动机 / 发电机可逆性原理来实现的。

1. 再生制动

(1) 再生原理

再生制动又称为能量回收，在减速制动（制动或者下坡）时将车辆的部分动能转化为电能，转化的电能储存在高压电池中，最终增加电动汽车的续航里程。如图 9-1-1 所示为电动汽车能量转换图。

充电到驱动的过程



图 9-1-1 电动汽车能量转换图

2. 影响制动能量回收的因素

制动能量回收的过程是把驱动轮的部分动能通过电机回馈到动力电池组中，因此整车控制系统的各个模块和各模块的使用环境对制动能量回收有较大的影响。影响电动汽车能量回收的因素主要有以下 4 个方面。

(1) 电机特性

当进行制动能量回收时，电机工作在再生制动模式，电机的最大制动转矩影响着能够提供的电制动力大小。向电池组充电功率的大小由电机的发电功率决定，同时在制定能量回收策略时也要考虑电机的工作温度等因素。

(2) 蓄电池特性

当蓄电池剩余电量较高时，只能进行小电流充电或者不回收制动能量；当蓄电池剩余电量较低时，在不影响安全的前提下可以适当提高制动能量所占比例。能量管理系统将动力电池 SOC 值发送给制动控制器，当 $SOC > 0.8$ 时，取消能量回收；当 $0.7 \leq SOC \leq 0.8$ 时，制动能量回收受动力电池允许的最大充电电流制约；当 $SOC < 0.7$ 时，制动能量回收不受动力电池允许的最大充电电流制约。

同时充电时间过长或充电电流过大影响蓄电池的性能，蓄电池应该具有高的充放电循环次数和快速充放电能力。此外蓄电池的充电内阻影响蓄电池的充电功率。

(3) 车辆行驶工况

车辆在不同工况行驶时，纯电动汽车的制动频率和制动强度不同，当制动越频繁或制动强度越低时，电动汽车可以回收的制动能量就越多，例如在车辆频繁起步与停车的城市工况下。在高速公路行驶工况下制动频率较低，所以回收的制动能量也相对较少。

(4) 制动的安全性

当车辆进行制动时，首先需要考虑的是制动系统要满足驾驶员的制动需求和制动时车辆的稳定性，只有在满足这些要求的前提下才能够考虑回收制动能量的多少。在有些情况下虽然电机能够提供足够大的制动力，但是为了防止车轮抱死也必须减少电制动力的大小来保证行车安全。

3. 制动力控制策略

当电动汽车减速、在公路上放松加速踏板巡航或踩下制动踏板停车时，再生制动系统启动。电机再生制动虽然可以回收制动能量并向车轮提供部分制动力，但是其无法使得车轮完全停止转动，制动效果受到电机、电池和速度等诸多条件的限制，在紧急制动和高强度制动条件下不能独立完成制动要求，因此，为了保证汽车的制动安全性能，在采用电机再生制动的同时，必须使用传统的液压摩擦制动作为辅助，从而达到既保证汽车的制动安全性，又回收可观的能量的目的。

制动过程中，控制器根据制动踏板的开度（实际为主缸压力）判断整车的制动强度，确定相应的摩擦制动和再生制动的分配关系。当总制动力需求小于此时能提供的最大再生制动力时，仅由再生制动力起作用；当总制动力大于此时能提供的最大再生制动力时，总制动力减去最大再生制动力是应该提供的机械制动力，机械制动力由 ABS 系统产生。剩余的需提供的机械制动力将分配为前轮机械制动力和后轮机械制动力。前、后轮机械制动力的分配按照尽量使总的前、后轮制动力分配接近理想制动力分配曲线。制动控制逻辑如图 9-1-2 所示。

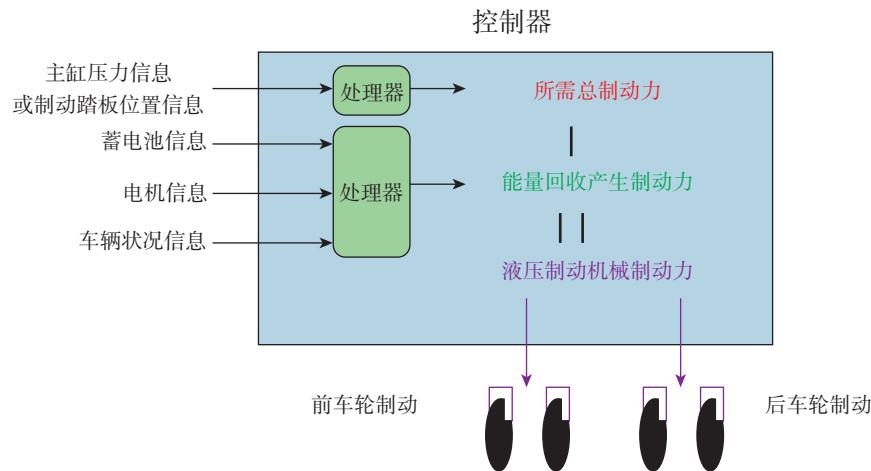


图 9-1-2 制动控制逻辑图

4. 控制原理

(1) 制动系统控制过程

轻度制动时（如图 9-1-3），高速开关阀 1 阀口关闭，高速开关阀 2 阀口打开，制动主缸前腔与 ABS 液压调节单元之间断开，与踏板感觉模拟器前腔连通。在此制动范围内，整车的制动力由前轮的再生制动力矩与后轮的液压制动力矩提供。

当车辆速度小于 5m/s 时，电机再生制动力矩开始减小直到零，同时车辆液压泵开始工作，液压调节单元开始给车辆前轮缸增压，使车辆前轮总的制动力矩达到车辆前轮需求的制动力矩。

(2) 中度制动时（如图 9-1-4），高速开关阀 1 阀口关闭，高速开关阀 2 阀口打开，制动主缸前腔与 ABS 液压调节单元之间断开连通，与踏板感觉模拟器前腔连通。在此制动范围内，整车的制动力由前轮的再生制动力矩和前轮液压制动力矩和后轮的液压制动力矩提供。

当车辆速度小于 5m/s 时，电机再生制动力矩开始减小直到零，车辆前轮缸压力继续增大，使车辆前轮总的制动力矩达到车辆前轮需求的制动力矩。

(3) 重度制动时（如图 9-1-5），再生制动与液压制动协调控制系统的控制执行过程如图所示，红色线条代表车辆制动液的流动。

高速开关阀1 阀口打开，高速开关阀2 阀口关闭，制动主缸前腔与 ABS 液压调节单元连通，与踏板感觉模拟器前腔断开连通。整车制动力矩由前轮液压制动力矩和后轮液压制动力矩提供。

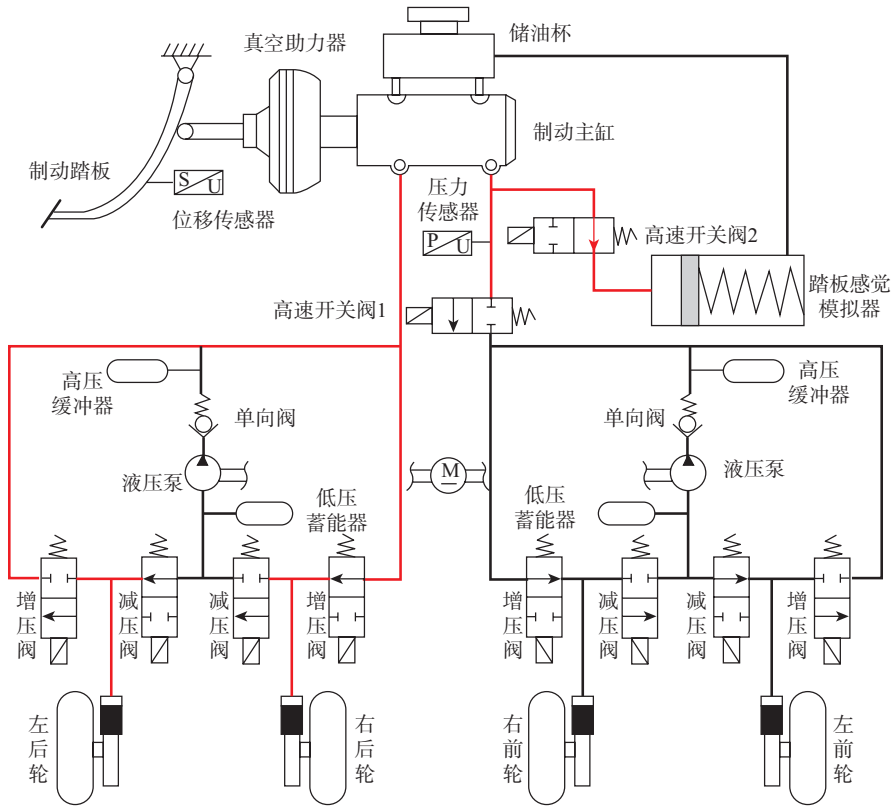


图 9-1-3

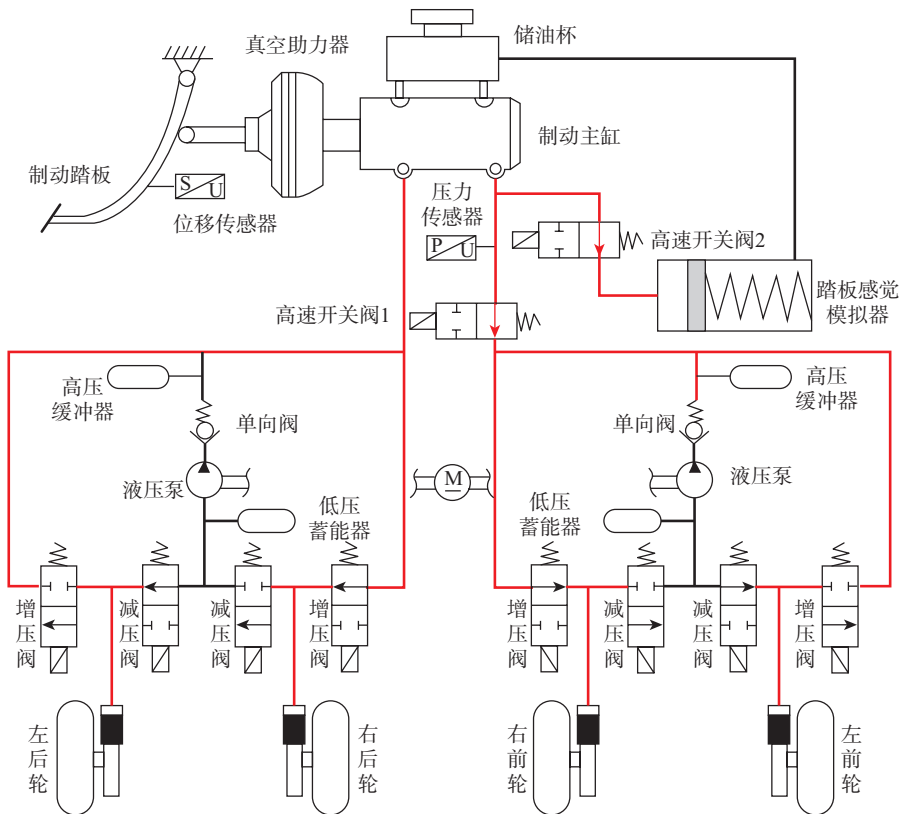


图 9-1-4

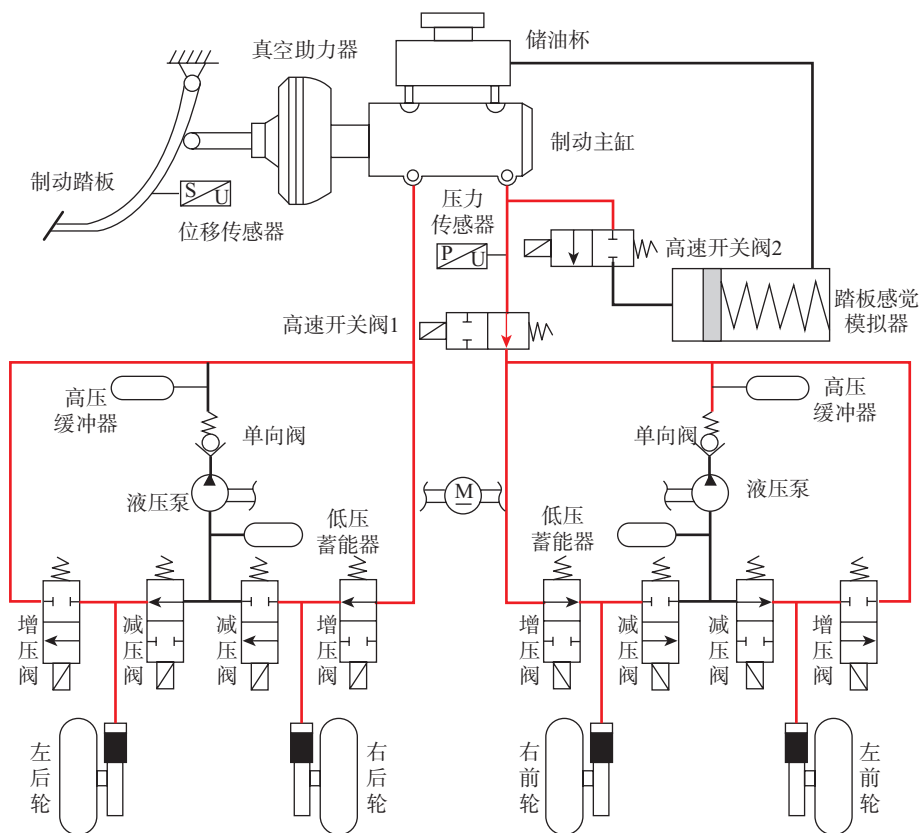


图 9-1-5

二、电动真空助力制动系统

电动汽车没有发动机产生真空，采用真空助力的制动系统，其真空由真空泵产生。真空泵产生的真空度越大，制动助力性能越好，驾驶员踩踏板也越省力。所以，在对真空助力制动系统电动真空泵的设计或选择上，应尽可能使真空度满足制动性能的要求。计算结果表明，当电动真空泵最小真空度为 37.5kPa 时，可为制动系统提供满足设计要求的制动助力。

如图 9-1-3 所示为电动真空助力制动系统的基本构成，真空助力器安装在制动踏板和制动主缸之间，由踏板通过推杆直接操纵。

电动真空助力制动系统的控制过程如下：

①接通汽车 12V 电源，压力延时开关闭合，真空泵大约工作 30s 后开关断开，这时真空罐内真空度约为 80kPa 。

②当真空罐内真空度降到 55kPa 时，压力延时开关再次闭合。

③当真空罐内真空度降到约 34kPa 时，压力报警器发出信号。

电动真空泵控制也可以采用电控单元控制，只要将压力开关换成绝对压力传感器，电动真空泵由控制单元控制继电器控制即可。国内的一些纯电动汽车里，采用了由真空助力器真空度传感器、整车控制器 ECU、电动真空泵工作继电器、真空泵电动机组成的一个闭环真空度控制系统，确保制动时真空助力器的正常工作。



第二节 常见车型制动系统结构

一、北汽制动系统

北汽制动系统有 ABS 系统、电动真空助力系统组成。

电动真空助力系统由真空助力器、电动真空泵（如图 9-2-1 所示）、真空压力传感器组成。



图 9-2-1 电动真空泵

电动真空助力系统的工作过程为：当驾驶员发动汽车时，12 V 电源接通，电子控制系统模块 VCU 开始自检，如果真空罐内的真空度小于设定值，真空压力传感器输出相应电压值至控制器，此时控制器控制电动真空泵开始工作，当真空度达到设定值后，真空压力传感器输出相应电压值至控制器，此时控制器控制真空泵停止工作，当真空罐内的真空度因制动消耗，真空度小于设定值时，电动真空泵再次开始工作，如此循环。电动真空泵控制电路如图 9-2-2 所示。

二、比亚迪制动系统

比亚迪制动系统由 ESP 系统、电动真空助力系统组成（如图 9-2-3 所示）。

电动真空助力系统由电子真空泵（如图 9-2-4 所示）、真空管路，真空压力传感器（如图 9-2-5 所示）、制动主缸带真空助力器总成组成。系统由主控控制器进行控制，对真空度压力传感器和刹车信号进行检测，实现对真空泵的控制，并在真空压力传感器故障时确保提供足够的制动力，保证行车安全。电路如图

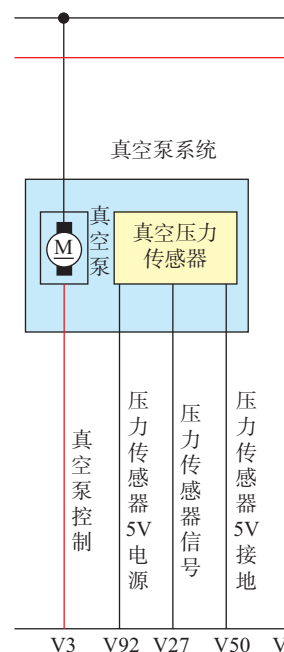


图 9-2-2 电动真空泵控制电路

9-2-6 所示。

真空泵启停条件如下：

车速 <60km/h：真空度低于 60kPa 时启动，达到 75kPa 时关闭。

车速 ≥ 60km/h：真空度低于 70kPa 时启动，达到 75kPa 时关闭。

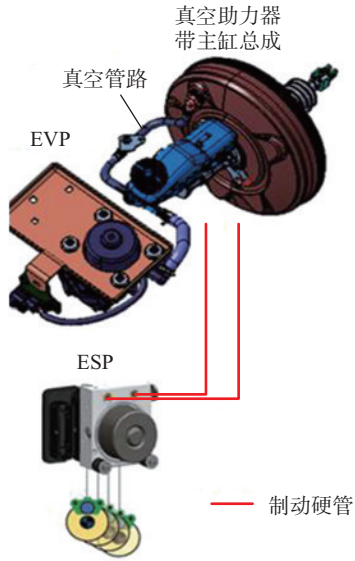


图 9-2-3 比亚迪制动系统

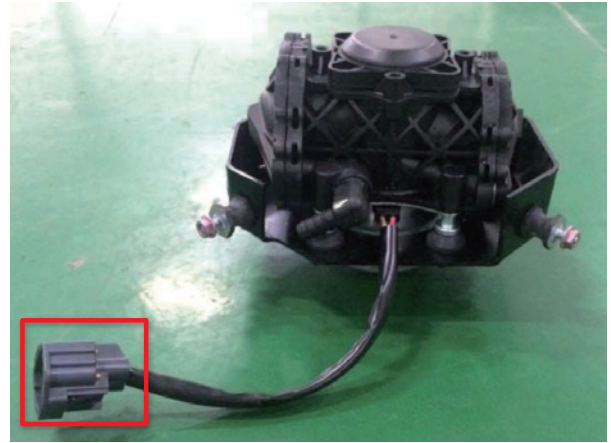


图 9-2-4 电子真空泵



图 9-2-5 真空压力传感器

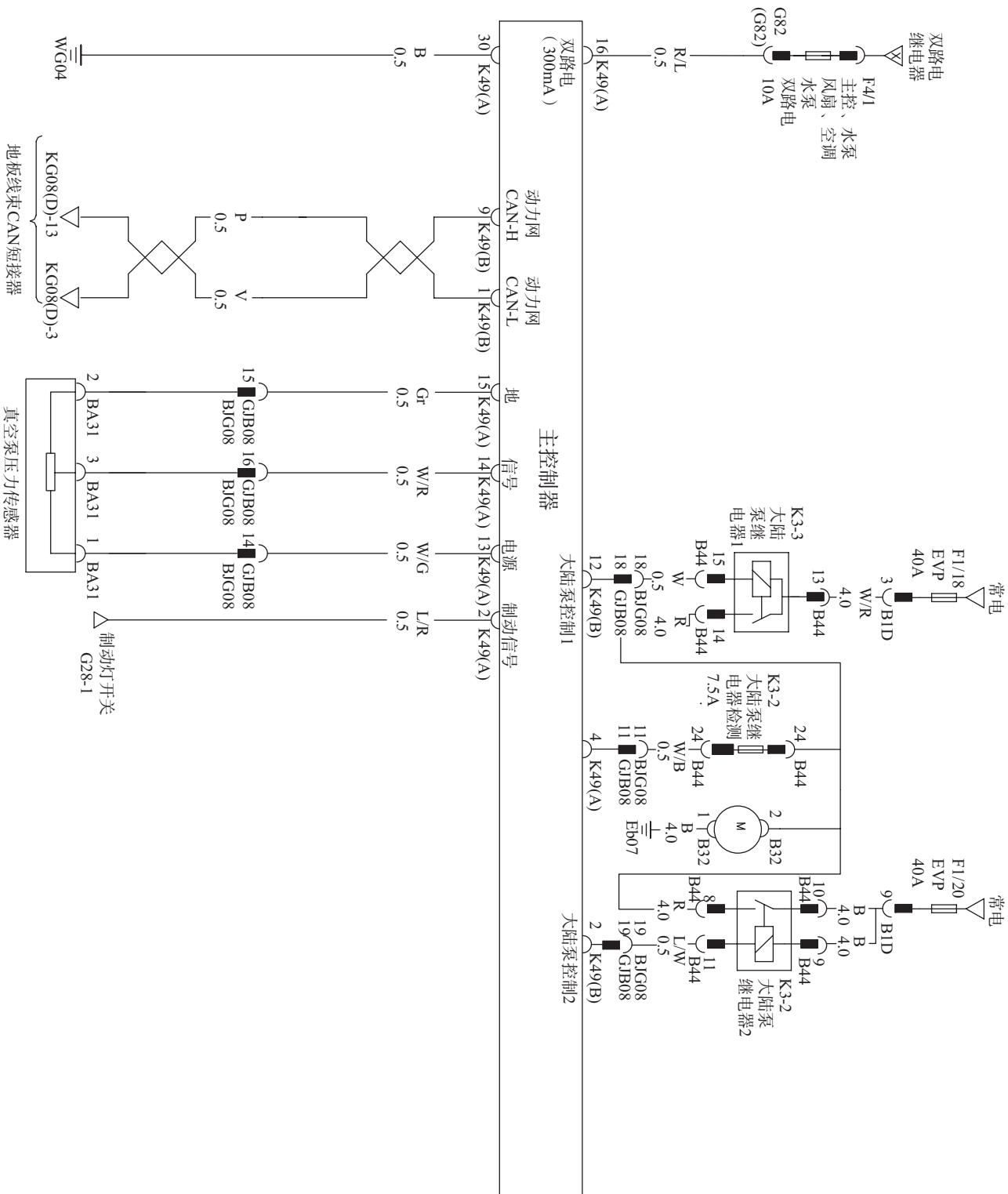


图 9-2-6 电子真空泵控制电路

在比亚迪制动踏板上装有制踏板深度传感器，如图 9-2-7 所示，制踏板深度传感器电路见图 9-2-8。

踩制动踏板时，制踏板深度传感器向电机控制器提供制动踏板位置信息，电机控制器据此计算所需总制动力，然后再根据高压电池、电机、行驶状况等信息计算出此时的再生制动力，据此计算出 ESP 应产生的制动力，ESP 据此控制制动蹄片制动。



图 9-2-7 制动踏板深度传感器

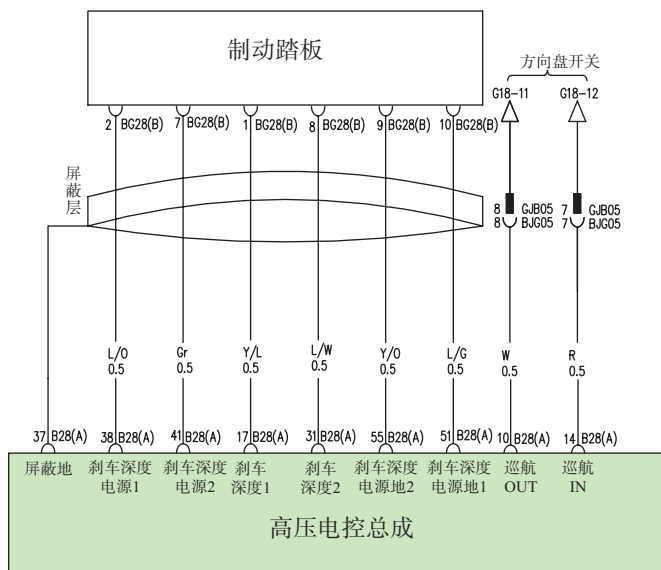


图 9-2-8 制动踏板位置传感器电路

三、帝豪制动系统

1. 液压制动系统

帝豪 EV400 液压制动系统由制动踏板、真空助力器、真空助力泵、液压电子控制单元、制动总泵、制动分泵等组成，如图 9-2-9 所示。

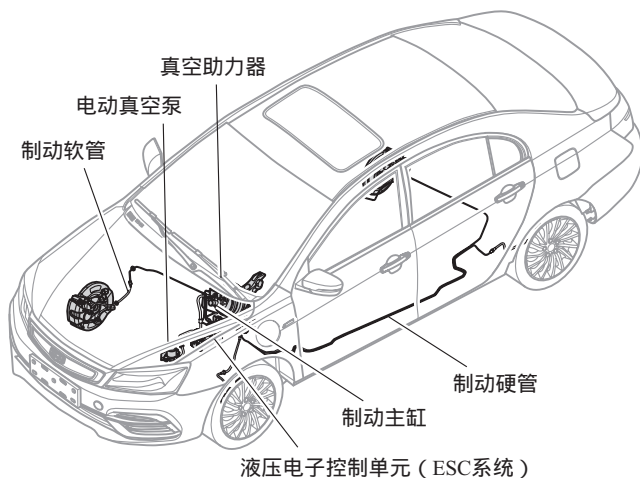


图 9-2-9 帝豪 EV400 液压制动系统

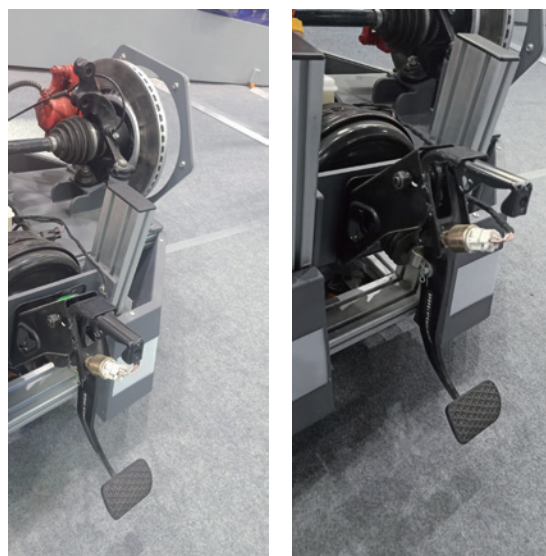


图 9-2-10 制动踏板

(1) 制动踏板

制动踏板如图 9-2-10 所示，其从驾驶员处接收、放大和传输制动系统输入力，通过制动踏板推杆传递到真空助力器。

在制动踏板上装有开关，其电路如图 9-2-11 所示，其向车身控制器提供制动踏板运动的信息，同时，通过 BCM 控制制动灯。

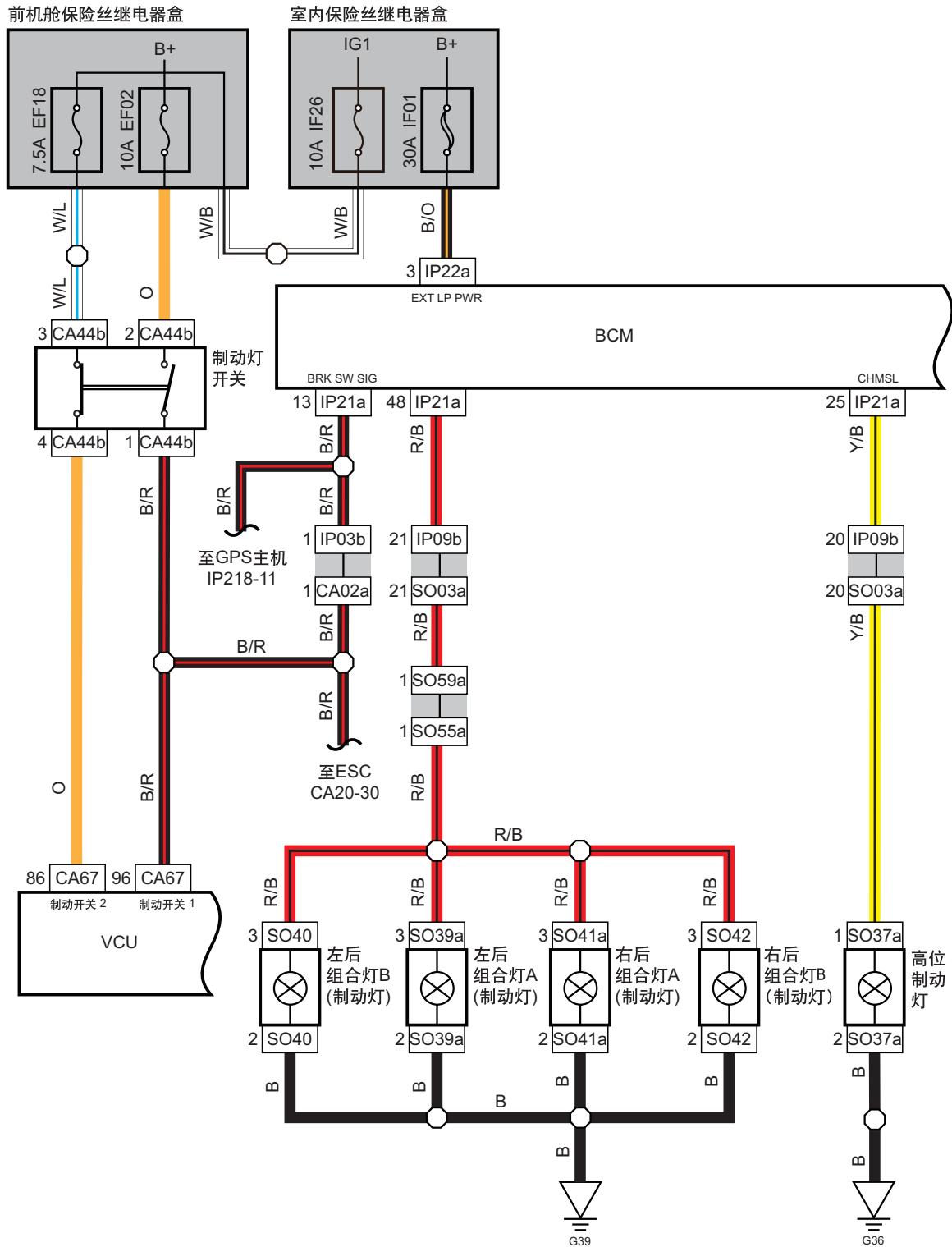


图 9-2-11 制动开关电路

(2) 真空助力器

制动系统输入力通过制动踏板而放大，并由制动踏板推杆传递到真空助力器，经过真空助力器助力后施加到液压制动总泵。

真空助力器利用电动真空泵进行助力，减少驾驶员施加在制动踏板的操纵力。

在真空助力器上装有真空压力传感器如图 9-2-12 所示，真空压力传感器将真空度信息传给 ESC 电脑，

ESC 电脑通过此信号控制电动真空泵运转，电路如图 9-2-19 所示。

(3) 电动真空泵

电动真空泵如图 9-2-13 所示，使用车载电源驱动泵体，用于形成制动助力器真空源。电动真空泵的运转由 ESC 电脑通过真空压力传感器信号进行控制。



图 9-2-12 真空压力传感器

图 9-2-13 电动真空泵

2.ESC

(1) 组成

帝豪 EV400 标配了 ESC 电子稳定控制单元，其采用博世 ESC9+RBS 系统，液压制动回路为 X 型。ESC 零件包含 ESC 电子控制单元，HU 液压控制单元（如图 9-2-14 所示），系统部件如图 9-2-15 所示。

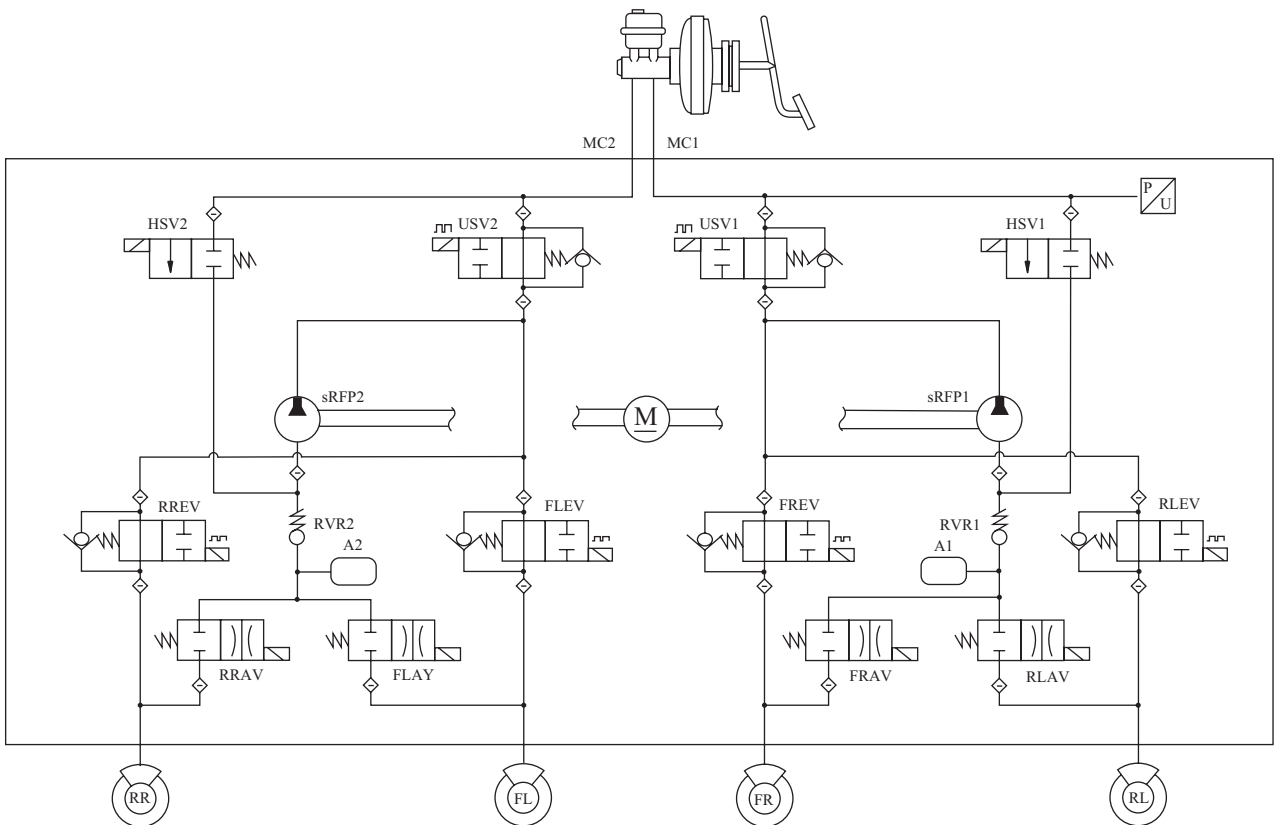


图 9-2-14 ESC 系统工作原理

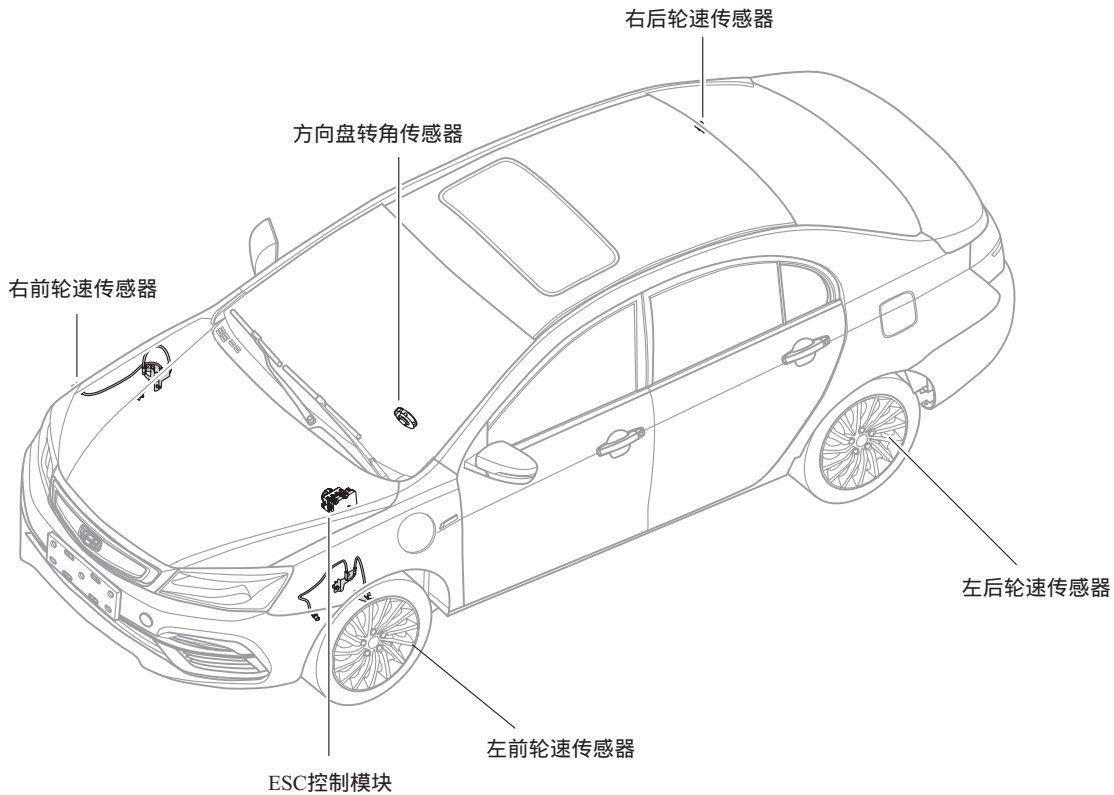


图 9-2-15 ESC 系统各部件位置

1) ESC 控制模块

ESC 控制模块控制系统功能并检测故障。当点火开关接通并且未出现防抱死制动系统故障诊断码时，系统给继电器通电，从而向电磁阀和泵提供蓄电池正极电压。ESC 控制模块不断检测车轮的状态，控制车轮的滑移率保持在一定的范围内，从而保持车辆的稳定性。液压控制管路采用对角线分路式配置，使制动总泵的的油液一路流向左前轮和右后轮，另一路油液流向右前轮和左后轮。对角分路在液压控制上是隔离的，这样当一条制动主管路泄漏或出现故障时，另一路可保证连续的制动能力。

ESC 控制模块包括如下主要部件：

- ESC 控制模块
- ESC 泵及其继电器
- 进油阀，每个进油阀控制一个车轮
- 排油阀，每个排油阀控制一个车轮
- 电磁线圈继电器

2) 车轮速度传感器

车轮速度传感器是霍尔型转速传感器，随着车轮旋转，ABS 控制模块利用轮速信号计算车轮速度。车轮速度传感器可以单独更换，但信号盘（齿圈）镶在半轴上，和半轴一同更换。

3) 制动灯开关

踩下制动踏板时点亮制动灯，同时向 ABS 控制模块发送制动信号。

4) ABS 警告灯

ABS 警告灯位于组合仪表上，通过点亮来通知驾驶员 ABS 发生故障，当发生如下事件时，仪表板组合仪表将启亮 ABS 警告灯：

— ABS 控制模块检测到 ABS 系统有故障，组合仪表通过 CAN 总线从 ABS 控制模块接到一条请求启亮信息。

— 组合仪表在每个点火循环开始时执行自检测试，指示灯启亮约 3s。

— 组合仪表检测到与 ABS 控制模块之间的通讯丢失。

5) EBD 警告灯

位于组合仪表上，通过点亮来通知驾驶员 EBD 发生故障。当 ABS 警告灯亮但 EBD 警告灯不亮时仍有 EBD 功能，当 ABS 警告灯和 EBD 警告灯等都亮时 ABS 和 EBD 功能都失效。

6) ESC OFF 警告灯：

位于仪表控制面上，通过点亮来通知驾驶员 ESC 功能关闭。

(2) 功能

ESC 电子稳定控制单元实现基本的功能有 EBD、ABS、TCS、VDC 功能，以及 ESC 增值功能 HHC、HBA、HBB、CDP。VAM 真空管理系统、RBS 制动能量回收模块软件集成在 ESC 电子控制单元中。

1) EBD 功能

电子制动力分配，能够识别后轮先于前轮抱死的趋势，及时调整后轮制动力，保证后轮不先于前轮抱死，保证车辆稳定性。

系统为自动开启状态，当驾驶员制动时，系统自动监控前后轮的滑移率并进行比较，在 ABS 起作用前，通过阀门调节后轮管路压力，使前后轮能够同时抱死。系统监测到故障时，EBD 功能会立即关闭。

EBD 失效时，仪表上黄色的 EBD 故障灯会点亮，直至故障排除。故障排除后，在下一点火循环恢复功能。

2) ABS 功能

制动防抱死功能，能够在早期识别出某一个或几个车轮抱死的趋势，并降低这一个或几个车轮的制动压力，保证即使是在紧急制动车辆时，驾驶员能够躲避障碍物并降低车速或是停车。

系统为自动开启状态，当驾驶员制动时，系统自动监控各前后轮的滑移率，在车轮抱死前，通过保压、减压、增压等阶段，调节轮缸液压，使车轮滑移率处于规定的范围，防止车轮抱死。系统监测到故障时，ABS 功能会立即关闭。

系统上电时，会进行自检，此时仪表指示灯常亮，几秒后若无故障则熄灭。系统监测到 ABS 失效时，仪表上黄色 ABS 故障灯会点亮，直至故障排除。故障排除后，在下一点火循环恢复功能。

3) TCS 功能

牵引力控制系统，功能能够识别车辆起步或者加速过程中的驱动轮打滑趋势，通过干预动力管理控制或者施加车轮制动，控制车轮滑转率，保证车辆的驱动稳定性和舒适性。

系统为自动开启状态，驾驶员可以通过面板上的 ESC OFF 开关进行关闭。功能开启，启动或加速时，系统自动监控驱动轮的滑转率，超过设定值范围时，系统通过降低动力输出扭矩或对车轮进行液压制动，防止车轮打滑以致侧向附着力降低；低于设定值范围时，增加动力输出（不高于驾驶员需求）和降低制动力矩。系统监测到故障时，TCS 会立即关闭。当驾驶员需求扭矩小于可能的输出扭矩时，TCS 对动力输出的干预会立即停止。

系统上电时，会进行自检，此时仪表指示灯常亮，几秒后若无故障则熄灭。TCS 失效时，仪表上黄色 ESC 故障灯会点亮，若故障不排除，故障灯会一直点亮。故障排除后，在下一点火循环恢复功能。ESC OFF 开关被按下，TCS 功能关闭，仪表上 ESC OFF 灯常亮。

4) VDC 功能

车辆动态稳定性控制，能够识别整车实际状态与驾驶意图的差别，通过调整车轮制动压力或干预动力管理控制（或干预驱动电机管理控制），防止车辆失控，提高车辆稳定性。

系统为自动开启状态，驾驶员可以通过面板上的 ESC OFF 开关进行关闭。功能开启，系统会监控驾驶员的操纵输入（如打转向盘、加速踏板等），并和整车实际行驶轨迹做比较，当汽车出现转向不足或转向过度时，系统会根据情况对动力输出和车轮制动进行操作，修正汽车的行驶轨迹，防止车辆滑出车道或甩尾，保证行车安全。

系统上电时，会进行自检，此时仪表指示灯常亮，几秒后若无故障则熄灭。系统监测到 VDC 失效时，仪表上黄色 ESC 故障灯会点亮，直至故障排除。ESC OFF 开关被按下，VDC 功能关闭，仪表上 ESC OFF 灯常亮。

5) HHC 功能

坡道起步辅助，能够在坡起时，松开刹车，车辆保持原位，简化坡起操作。

系统为自动开启状态，车辆在坡道上踩制动踏板静止，当驾驶员意图行驶，松开制动踏板去踩加速踏板时，坡道起步辅助系统继续在四个车轮上施加液压制动力，防止车轮后溜。保持车辆停止时间为 1s，当驱动力大于起步阻力时，该系统会立即释放车轮上的液压制动力，让车辆起步。功能激活时，后制动灯点亮。

6) HBA 功能

紧急制动辅助，防止紧急情况下驾驶员踩下制动踏板的力度不足，能够在需要紧急制动时为驾驶员提供最大制动辅助，减少制动距离。

系统为自动开启状态，若监测到驾驶员踩下踏板的速度和力度超过门限值，则自动增加制动液压至车轮抱死压力。

系统监测到 HBA 失效时，仪表上黄色 ESC 故障灯会点亮，直至故障排除。

7) HBB 功能

液压助力辅助，能够在真空度不足时，由 ESC 提供液压制动。系统为自动开启状态，系统若检测系统真空度低，ESC 自动按照设定曲线增加制动液压，当制动灯开关、助力器、轮速传感器故障时，系统按照设定的策略进行液压助力，保证基本减速度的情况下又不至于过制动造成车轮抱死甩尾。

系统监测到 HBB 激活时，仪表上黄色 ESC 故障灯会点亮；当 HBB 功能失效时，仪表上红色驻车系统故障报警指示灯、黄色 ESC 故障灯会点亮。

8) CDP 功能

当拉驻车开关做紧急制动时，ESC 对四轮进行液压制动，减少制动距离。

系统为自动开启状态，当车速大于 3km/h，需要做紧急制动时，驾驶员直接拉起 EPB 开关时，ESC 对四轮进行液压制动，减速度可达到 $6m/s^2$ 。

系统监测到 CDP 失效时，仪表上黄色 ESC 故障灯会点亮。CDP 激活时，红色制动灯点亮。

9) VAM 功能

真空管理系统，对电动真空泵工作进行控制管理。

系统默认为自动开启状态，当助力系统真空度低于设定值时，ESC 控制电动真空泵工作，为助力器提供真空，真空度值高于设定值时，ESC 控制电动真空泵停止工作；真空度设定值会随着车速的变化而相应提高，保证行车安全的前提下延长 EVP 的使用寿命。

系统监测到 VAM 失效时，仪表上黄色 ESC 故障灯会点亮。

10) RBS 功能

制动能量回收系统，在满足整车稳定的前提下，踩制动踏板制动时，进行电机制动力矩输出控制，进而回收制动能量。

系统默认为自动开启状态，当驾驶员需要减速踩制动时，RBS 会控制电机进行制动能量回收，电机制动力矩与液压制动力矩直接叠加，在减速度 $0.2g$ 时可达 65% 的电机制动比率，整车制动能量回收率约为 9% 。

系统监测到 RBS 失效时，仪表上黄色 ESC 故障灯会点亮。

11) 自诊断测试：

ABS 控制模块在每次启动开关打开时执行一次自诊断测试，只要 ABS 有电，处于工作状态，都会对性能进行监控。一旦发现错误，会立即报警，直至错误消失，错误码会保留在 ABS 存储器中，直至手动消除。

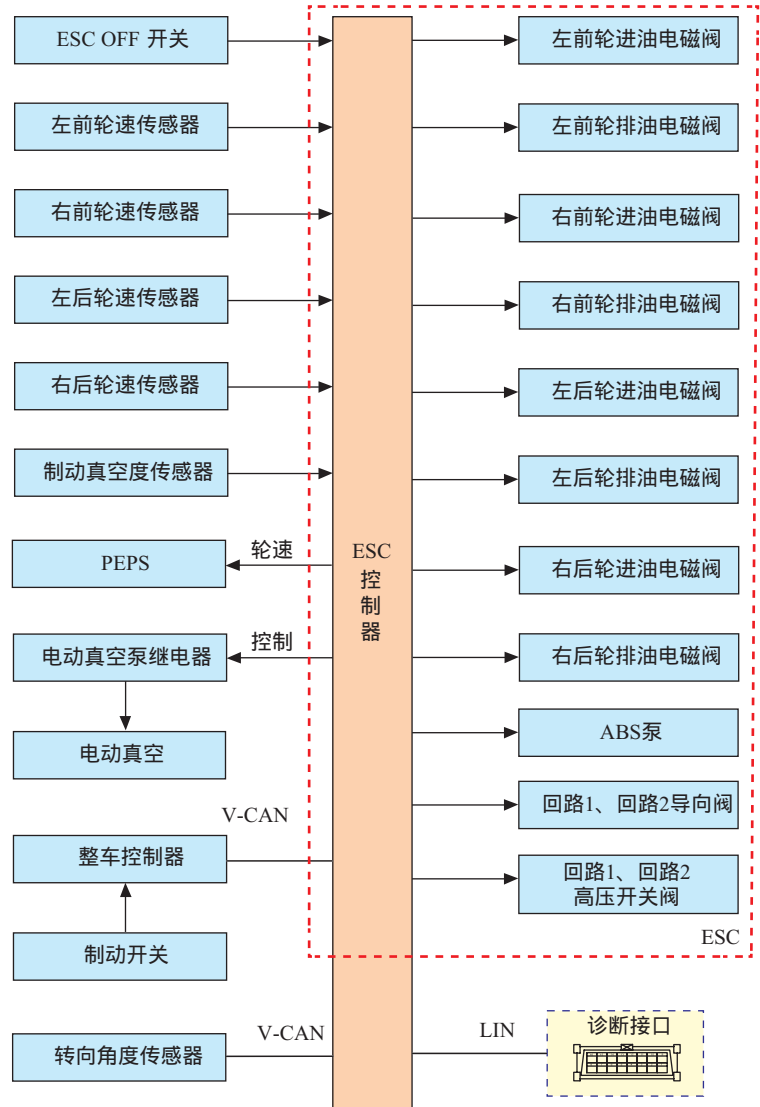


图 9-2-16 ESC 系统控制框架图

12) 系统控制

ESC 系统控制框架如图 9-2-16 所示。

(3) 控制电路

ESC 系统电路如图 9-2-17、9-2-18、9-2-19 所示。

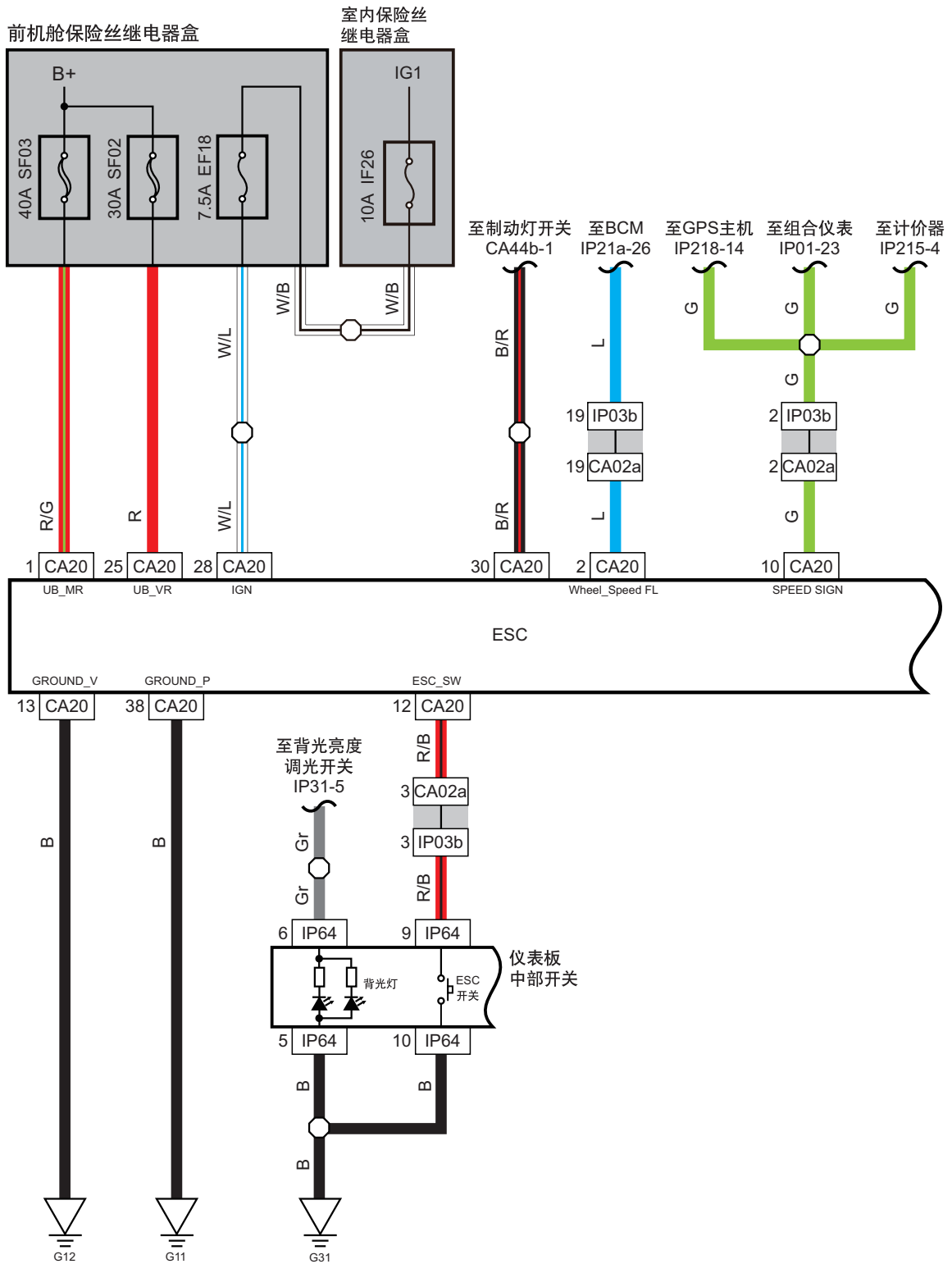


图 9-2-17 ESC 系统电路图 (1)

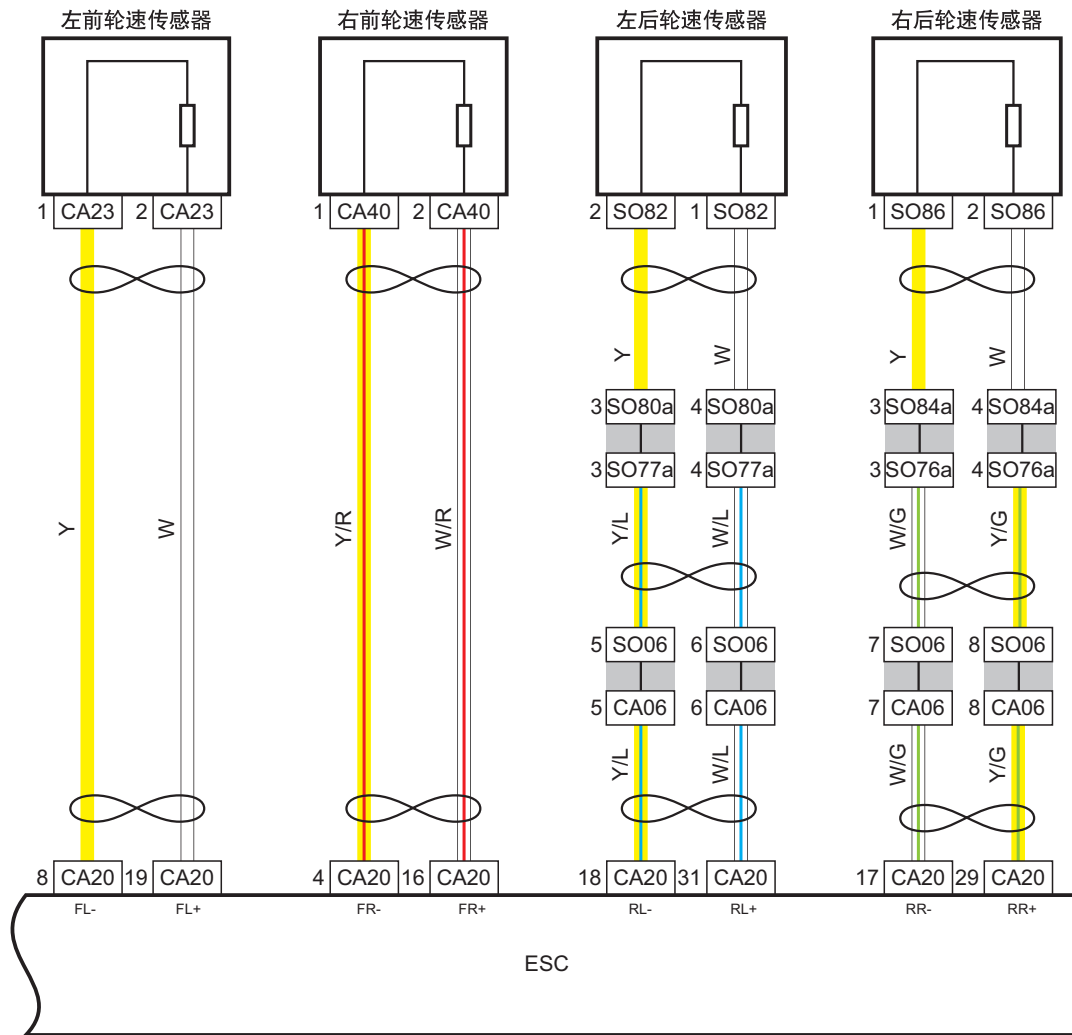


图 9-2-18 ESC 系统电路图 (2)

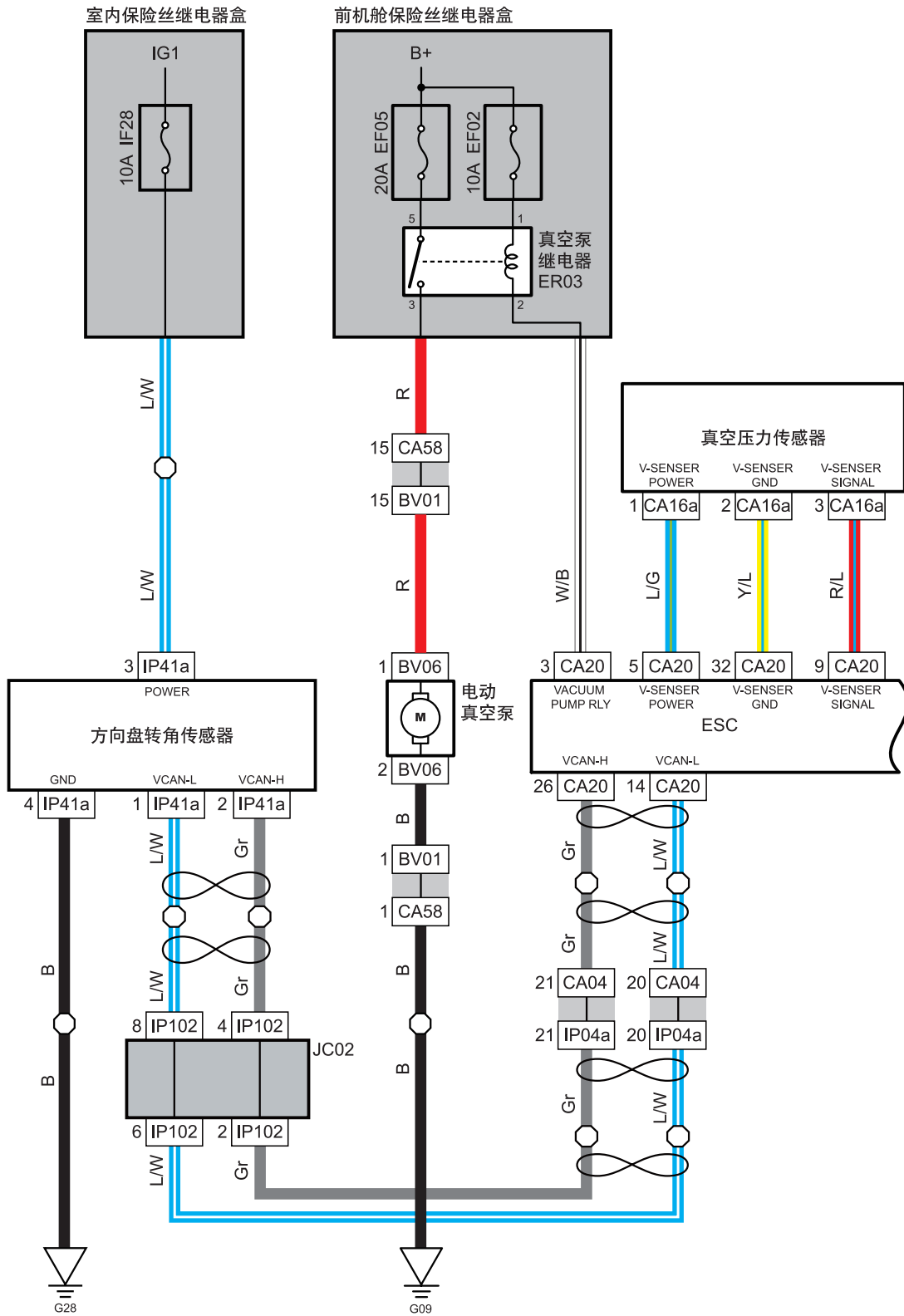


图 9-2-19 ESC 系统电路图 (3)

第 10 章

仪表系统



1. 理解电动汽车和传统汽车仪表系统的区别
2. 掌握电动汽车仪表及警告指示灯的作用、工作原理及故障检测
3. 掌握常见电动汽车仪表结构原理及检测



第一节 电动汽车仪表结构原理

一、电动汽车与传统汽车仪表比较

电动汽车仪表如图 10-1-1 所示，电动汽车与传统燃油汽车不同，由于采用蓄电池供电，电机提供动力，因此电动汽车的操作仪表盘除了常见的指示灯，还有许多电动汽车特有的指示灯，电动汽车与传统汽车基本仪表的比较如表 10-1-1 所示，电动汽车与传统汽车基本指示灯及警告灯的比较如表 10-1-2 所示。



图 10-1-1 电动汽车仪表

表 10-1-1 电动汽车与传统汽车基本仪表的比较

名称	电动汽车	传统汽车	信号来源
发动机转速表	无	有	发动机 ECU
电机转速表	有	无	电机控制器
车速里程表	有	有	ABS ECU
冷却液温度表	无	有	发动机 ECU
燃油表	无	有	燃油表传感器
SOC 值表	有	无	BMS
功率表	有	无	电机控制器

表 10-1-2 电动汽车与传统汽车基本指示灯及警告灯的比较

名称	电动汽车	传统汽车	信号来源
充电指示灯	无	有	发电机
12V 蓄电池充电故障报警灯	有	无	DC-DC、12V 蓄电池管理器
机油压力报警灯	无	有	机油压力传感器
燃油指示灯	无	有	燃油表传感器
动力电池充电状态	有	无	BMS、车载充电器

名称	电动汽车	传统汽车	信号来源
动力电池电量不足指示灯	有	无	BMS
动力系统故障报警灯	有	无	VCU
发动机故障指示灯	无	有	发动机 ECU
运动准备就绪指示灯 (READY)	有	无	VCU
充电线连接指示灯	有	无	车载充电器
电机故障报警	有	无	电机控制器
高压断开报警	有	无	BMS
动力电池故障报警灯	有	无	BMS
动力电池绝缘电阻低指示灯	有	无	BMS
动力电池过热警告灯	有	无	BMS
动力电池过热警告灯	有	无	BMS
功率限制指示灯	有	无	VCU
驱动电机过热报警	有	无	电机控制器
制动能量回收关闭	有	无	电机控制器
续航里程指示	有	无	VCU
瞬间油耗指示	无	无	仪表
瞬间电耗指示	有	有	VCU
EPS 故障报警	有	有	EPS
胎压故障报警	有	有	胎压报警控制器
安全带未系指示灯	有	有	安全带报警开关
驻车指示灯	有	有	驻车开关
制动故障报警灯	有	有	制动液面开关、制动开关
ABS 指示灯	有	有	ABS ECU
安全气囊故障指示灯	有	有	RS ECU
转向指示灯	有	有	转向开关
远光指示灯	有	有	远光开关

二、电动汽车主要仪表工作原理

1. SOC 值表

SOC 值表又称为汽车电量表，如图 10-1-2 所示。用于指示动力电池的剩余电量，其以百分比(%)进行数值指示。

电动汽车 SOC 值由 BMS 根据动力电池的电流传感器、电压传感器、温度传感器等信息计算，通过 CAN 线传输给汽车仪表。

2. 功率表

功率表指示电机的实时功率，电机功率由电机控制器根据电机电压及电流计算，通过 CAN 线传输给汽车仪表。

功率表数值指示由百分比(%)和数值两种方式，如图 10-1-3 和 10-1-4，数值指示单位为 KW。



图 10-1-2 SOC 值表

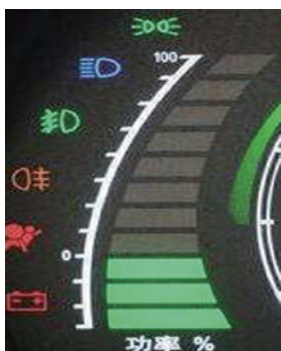


图 10-1-3 百分比指示式功率表



图 10-1-4 数值指示式功率表

功率表有正负两个指示方向，功率表指示正时，表示电机正在有功率输出；当电动汽车下坡、减速、或制动时，电机进行能量回收，功率表指示负值。

三、电动汽车主要指示灯、警示灯基本原理

1. 12V 蓄电池充电故障报警灯

12V 蓄电池充电故障报警灯如图 10-1-5 所示。此灯点亮代表 12V 蓄电池出现故障，应检查 DC-DC 和 12V 蓄电池管理器及其通讯是否出现故障。

2. 运动准备就绪指示灯

运动准备就绪指示灯如图 10-1-6 所示。点火开关位于“ON”档时，此灯亮起，表示车辆已准备就绪，可正常行驶，如果此灯不亮，则表示车辆未准备好，如果此灯长时间不亮，则表示车辆有故障或发生用户误操作。

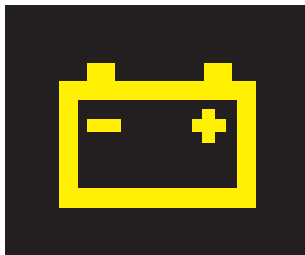


图 10-1-5 12V 蓄电池充电故障报警灯



图 10-1-6 运动准备就绪指示灯

3. 充电线连接指示灯

充电线连接指示灯如图 10-1-7 所示。连接充电线电缆后，“充电枪”指示灯亮起，表示完成了与充电桩的连接，可以开始充电。

4. 动力电池充电状态指示灯

动力电池充电状态指示灯如图 10-1-8 所示，代表充电通讯完成，正在进行充电，当动力电池电量高于 35% 时，此灯熄灭。



图 10-1-7 充电线连接指示灯



图 10-1-8 动力电池充电状态指示灯

5. 动力蓄电池电量不足指示灯

动力蓄电池电量不足指示灯如图 10-1-9 所示，当动力电池电量低于 30% 的时候，该指示灯亮起，表示动力电池电量不足，可能不能满足驾驶里程的需求。这个时候，就需要及时充电了，当动力电池电量高于 35% 时，此灯熄灭。

6. 动力系统警告故障灯

动力系统警告故障灯如图 10-1-10 所示。这个故障灯出现的频率较高，大多数时候会和其他故障灯一起亮，如果此灯单独点亮，则表示总线通讯出现故障。



图 10-1-9 动力蓄电池电量不足指示灯



图 10-1-10 动力系统警告故障灯

7. 动力电池过热警告灯

动力电池过热警告灯如图 10-1-11 所示，说明蓄电池过热，此时最好不要继续行驶，等待蓄电池冷却，警告灯熄灭后再进行行驶。

8. 高压断开报警灯

高压断开报警灯如图 10-1-12 所示，表示动力电池不能提供动力来源，即电池包内部或配电箱内的接触器已经断开，汽车不能行驶，需要专业人士检修。

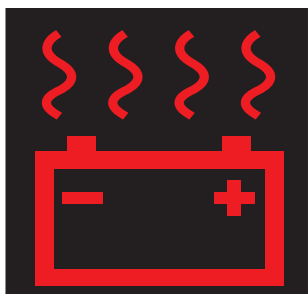


图 10-1-11 动力电池过热警告灯

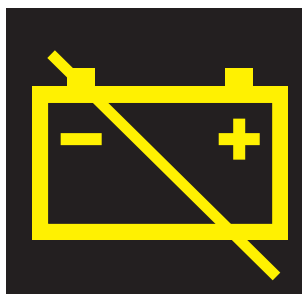


图 10-1-12 高压断开报警灯

9. 动力电池故障报警灯

动力电池故障报警灯如图 10-1-13 所示，此灯点亮说明电池包出现故障，当此灯亮起后，大多数情况下整车高压断开，车辆无法行驶。少数情况下车辆可以缓慢行驶，但不能加速。

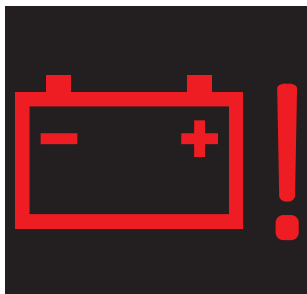


图 10-1-13 动力电池故障报警灯



图 10-1-14 动力电池故障指示灯

导致这个故障的原因一般是电池包内部单体故障、电池包被撞、电池包线路接触不良。

10. 动力电池绝缘电阻低指示灯

动力电池故障指示灯如图 10-1-14 所示，表示动力电池绝缘性能降低，很多时候是长时间淋雨导致。

11. 电池包漏电故障灯

电池包漏电故障灯如图 10-1-15 所示，此故障灯中间有个闪电符号，意思为电池内部高压部分存在漏电。

12. 驱动电机过热报警灯

驱动电机过热报警灯如图 10-1-16 所示，此灯表示电机温度过高，这种情况车辆可以行使，部分车型会限制车速，此时应重点检查电机冷却系统。

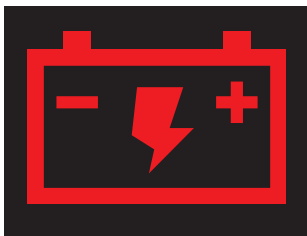


图 10-1-15 电池包漏电故障灯

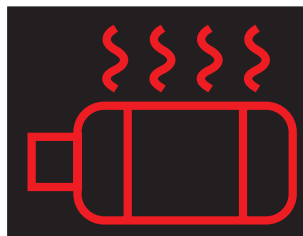


图 10-1-16 驱动电机过热报警灯

13. 电机故障报警灯

电机故障报警灯如图 10-1-17 所示。表示电机或控制器出现故障。

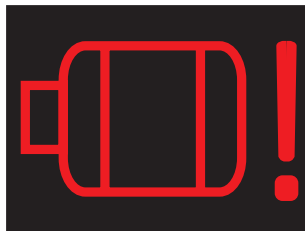


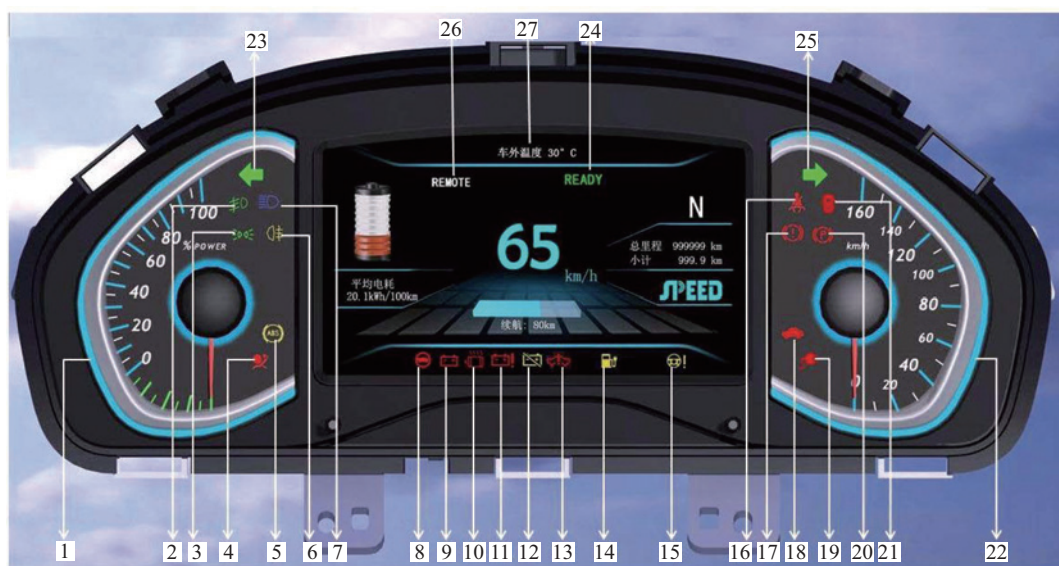
图 10-1-17 电机故障报警灯



第二节 常见车型仪表系统

一、北汽仪表

北汽 EV200 仪表如图 10-2-1 所示。其电路如图 10-2-2 所示。



1	驱动电机功率表	2	前雾灯	3	示廓灯
4	安全气囊指示灯	5	ABS 指示灯	6	后雾灯
7	远光灯	8	跛行指示灯	9	蓄电池故障指示灯
10	电机及控制器过热指示灯	11	动力电池故障指示灯	12	动力电池断开指示灯
13	系统故障灯	14	充电提醒灯	15	EPS 故障指示灯
16	安全带未系指示灯	17	制动故障指示灯	18	防盗指示灯
19	充电线连接指示灯	20	手刹指示灯	21	门开指示灯
22	车速表	23/25	左 / 右转向指示灯	24	READY 指示灯
26	REMOTE 指示灯	27	室外温度提示		

二、比亚迪秦仪表

比亚迪秦组合仪表是一种机电组合仪表，位于驾驶员正前方、转向管柱的上部。包括安装件和电气连接等部分。所有组合仪表的电路组成单一线束，用接插件在组合仪表壳体背面连接。组合仪表的表盘

和指示灯保护在一整块透明面罩后面。透明面罩采用遮光板，使仪表的表面免受环境光照和反射的影响，以达到减轻眩光的效果。

其照明是通过液晶显示来实现的，这种照明方式可照亮仪表使它达到必需的能见度。组合仪表的每一个指示灯也是通过液晶显示的。连接电路将组合仪表连接到整车的电气系统上，这些连接电路被集成在汽车线束内按不同位置进行走向，并按许多不同方式固定。

组合仪表包含计量表和警告指示灯，分别如表 10-2-1、表 10-2-2 所示。组合仪表电路如图 10-2-3、图 10-2-4 所示。

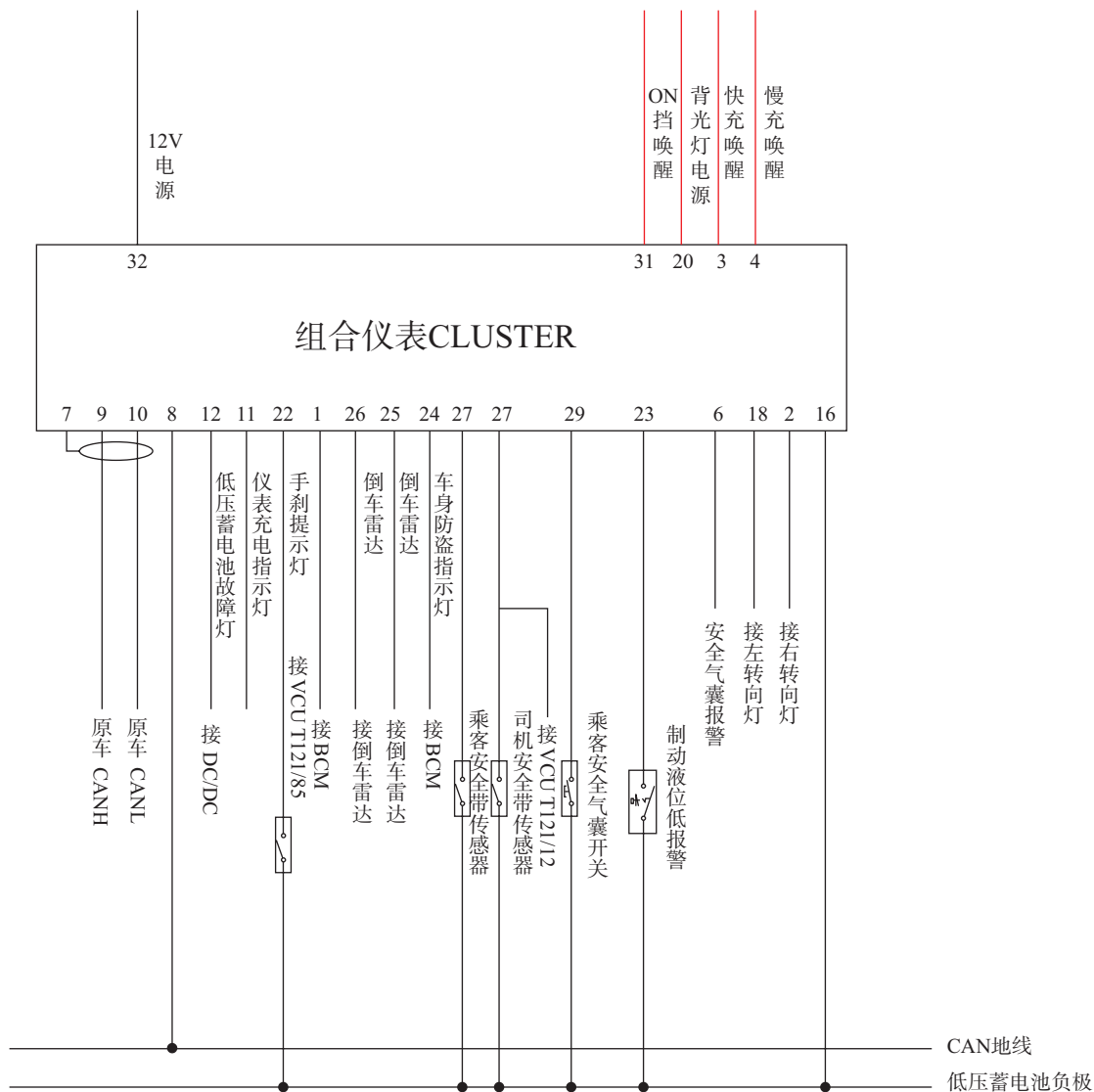


图 10-2-2 北汽 EV200 仪表电路图

表 10-2-1 计量表类

名称	描述
车速表	基于轮速传感器，ABS 将轮速信号转化为车速信号，通过 CAN 将数据传给组合仪表
功率表	功率表根据电池管理器的功率计算得出合仪表通过采集 CAN 上动力电池管理模块发送的总电压、总电流计算功率，同时判断正、负
电量表	组合仪表采集动力电池管理模块的 CAN 信息，显示电池容量表

表 10-2-2 警告指示灯类

名称	图标	工作逻辑
转向指示灯		仪表通过硬线采集组合开关转向信号
远光灯指示灯		组合仪表接收到远光灯“开启”的 CAN 信息时，点亮此灯并长亮；接收到远光灯“关闭”的 CAN 信息时，此灯熄灭，此指示灯和远光灯同步工作
小灯指示灯		从组合开关接收小灯开关信号（CAN）
前雾灯指示灯		从组合开关接收前雾灯开关信号（CAN）
后雾灯指示灯		从组合开关接收后雾灯开关信号（CAN）
驾驶员座椅安全带指示灯		从 BCM 接收安全带开关信号（CAN）
SRS 故障警告灯		从安全气囊系统接收安全气囊故障信号
ABS 故障警告灯		接收网关发送的 ABS 系统故障信息，点亮指示灯。CAN 线断线点亮
驻车制动故障警告灯		从驻车制动开关接收驻车信号（硬线）；从制动液位开关接收制动液位信号（硬线）；当组合仪表采集到“EBD 故障”信号（CAN）
EPS 故障警告灯		CAN 通讯传输，EPS 控制单元发送 EPS 故障指示信号给组合仪表，仪表 CPU 命令指示灯点亮
智能钥匙系统警告灯		从智能钥匙系统读取钥匙信息（CAN）
前大灯调节指示灯（预留）		组合仪表采集前大灯调节单元的模式信号（CAN）
定速巡航主显示指示灯		CAN 通讯传输，电机控制器发送开关量信号给组合仪表。仪表 CPU 根据信号处理此指示灯状态
定速巡航主控制指示灯		CAN 通讯传输，电机控制器发送开关量信号给组合仪表。仪表 CPU 根据信号处理此指示灯状态
车门和行李箱状态指示灯		从 BCM 接收各门和行李箱开关状态（CAN）
主告警灯		接收到故障信息及提示信息（除背光调节、车门及行李箱状态信息外）
充电系统故障警告灯		CAN 线传输 DC 及充电系统故障信号，组合仪表控制指示灯点亮
动力电池电量低指示灯		CAN 通讯传输，动力电池管理模块发送电池组电量过低报警信号给组合仪表。仪表 CPU 控制此指示灯点亮，指示灯点亮需与电量表进入红色区域同步
动力电池充电连接指示灯		硬线传输，充电感应开关闭合时，仪表点亮指示灯。充电感应开关断开时，仪表熄灭此指示灯
电机过热警告灯		CAN 通讯传输，电机控制器发送动力电机过温报警信号给组合仪表，仪表 CPU 命令指示灯点亮
动力系统故障警告灯		CAN 通讯采集到电池管理器、M2 电机控制模块的故障信号时，CPU 驱动指示灯点亮
OK 指示灯		M2 电机控制模块通过 CAN 发送“READY”指示灯点亮信号给组合仪表，仪表 CPU 控制此指示灯点亮
经济模式指示灯		CAN 线传输，组合仪表 CPU 驱动指示灯工作
运动模式指示灯		CAN 线传输，组合仪表 CPU 驱动指示灯工作
电子驻车状态指示灯		CAN 传输，组合仪表采集网关转发的 ID 为 0x218 报文信号，并根据报文的内容进行相应的指示
电机冷却液温度过高警告灯		CAN 通讯传输电机控制器的水温过高报警信号，仪表 CPU 控制此指示灯点亮
ESP 故障警告灯		从 ESP 系统接收到 ESP 故障信号（CAN）
ESP OFF 警告灯		接收到 ESP 系统关闭信号（CAN）
胎压故障警告灯		从胎压监测系统接收到胎压故障信号（CAN）

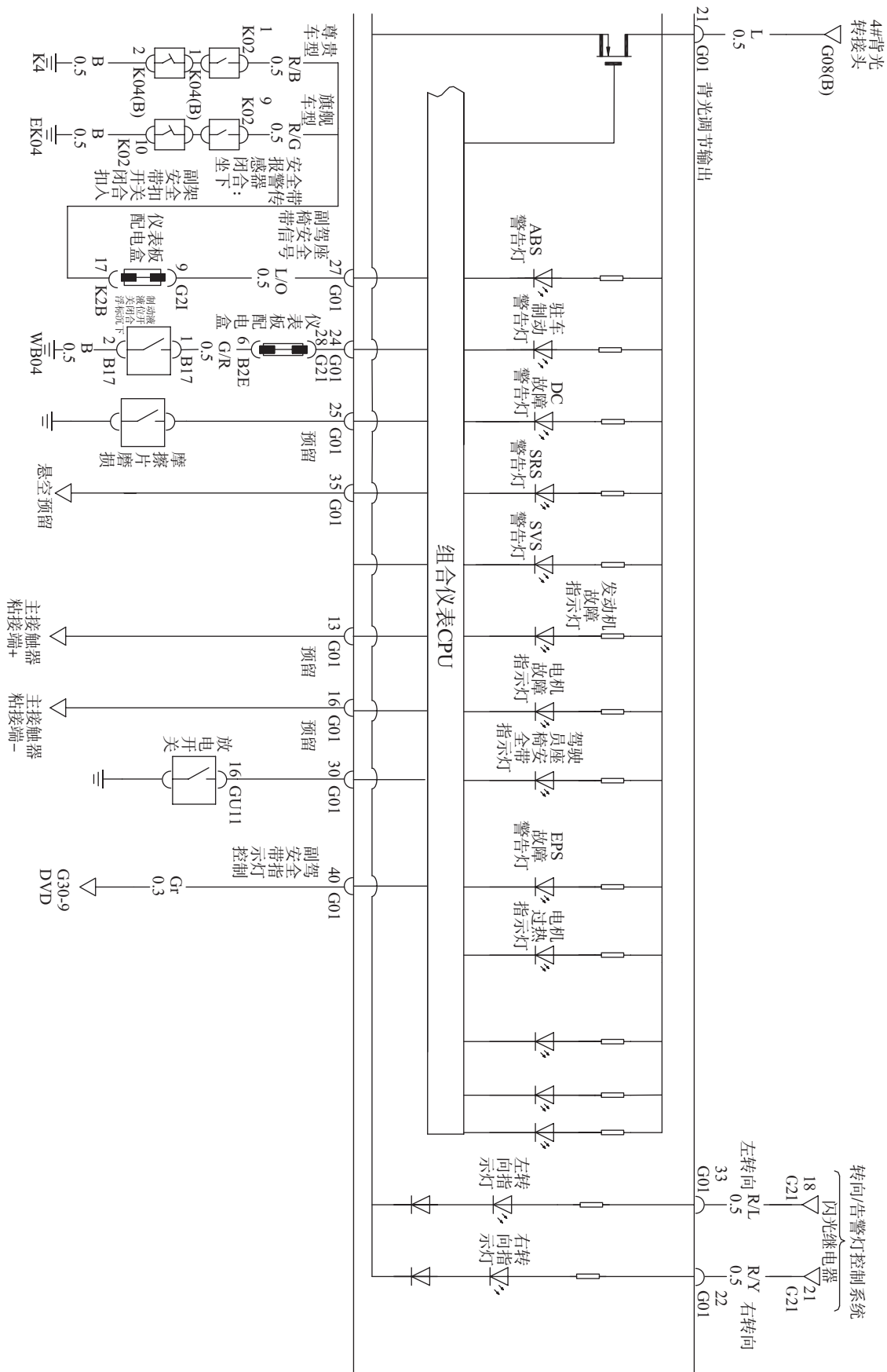


图 10-2-4 组合仪表电路图 (2)

三、帝豪仪表

帝豪仪表如图 10-2-5 所示。

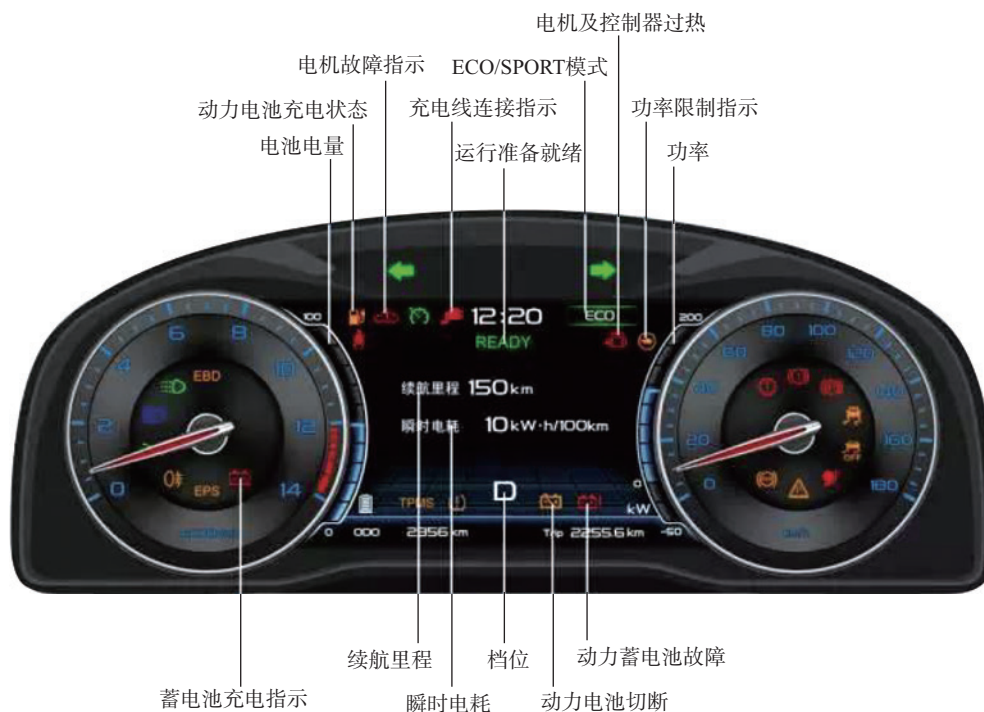


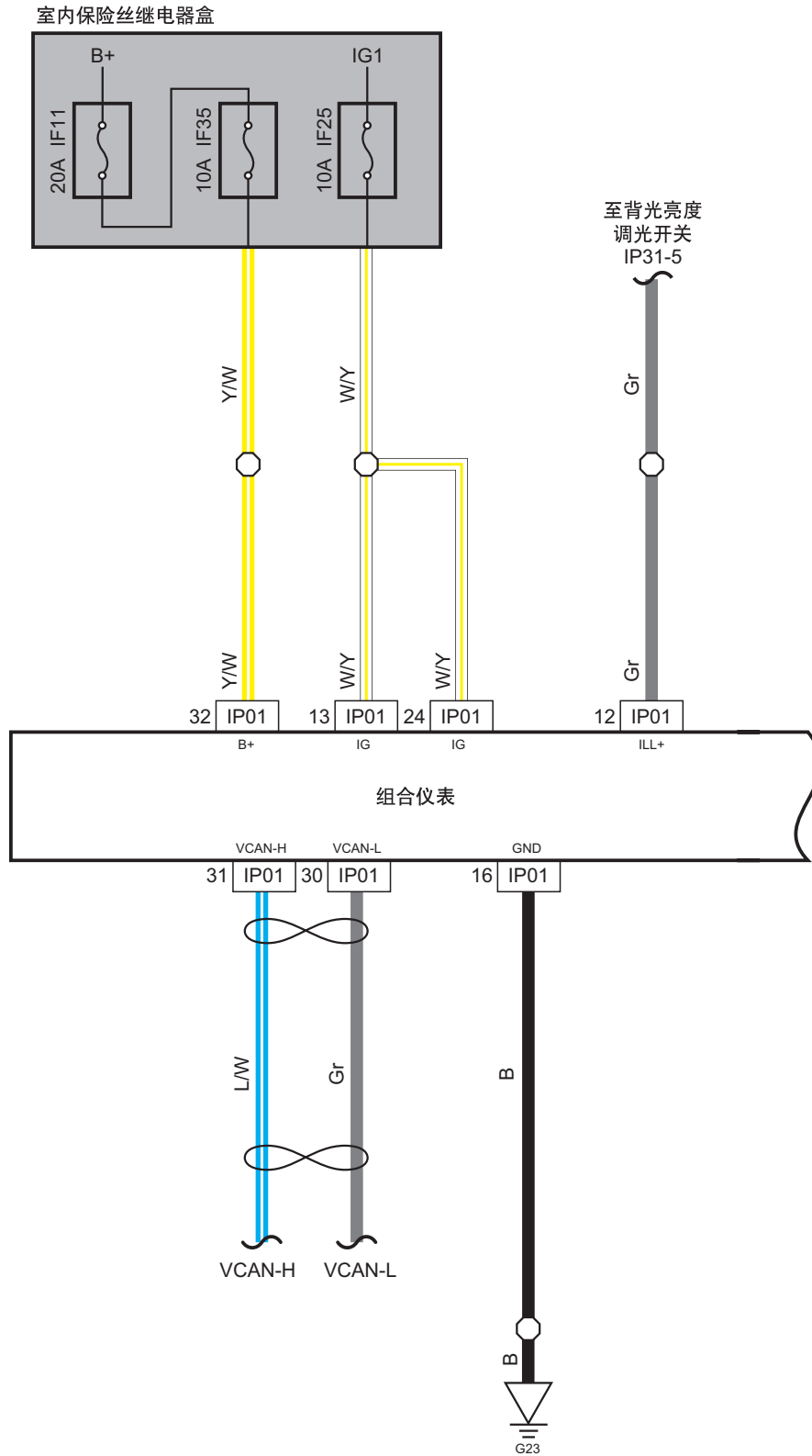
图 10-2-5 帝豪仪表

在帝豪仪表上有一个功率限制指示灯（俗称“乌龟灯”）如图 10-2-6 所示，此灯亮表示车辆处于限制电机功率状态。导致的主要原因有电机或电机控制系统过热和电量不足（通常原因）。当此等亮时，检查电池剩余电量；若电量不足，请就近充电；若充电后仍然灯亮，则需要检修。



图 10-2-6 功率限制指示灯

帝豪仪表电路如图 10-2-7 所示。



接下图

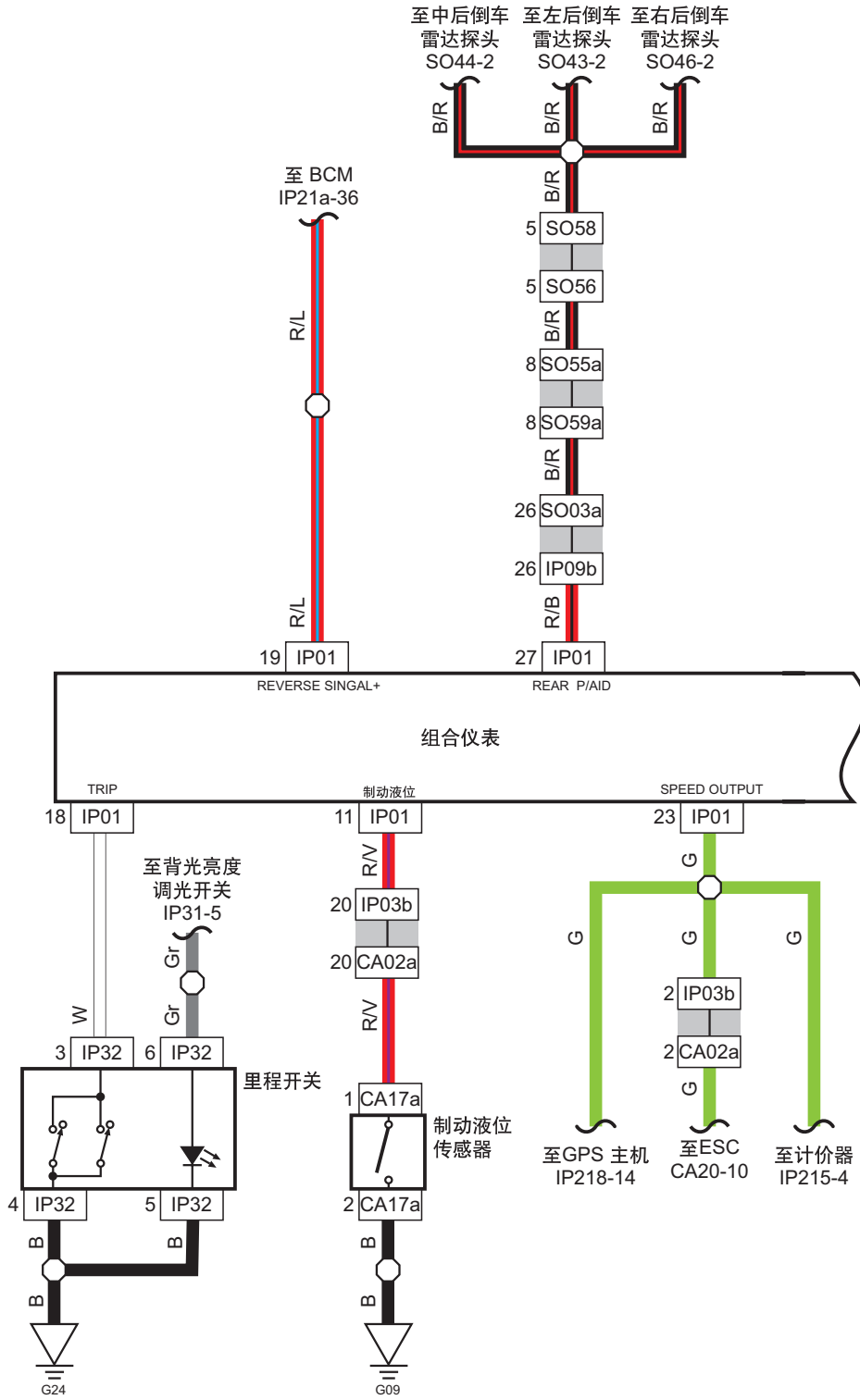


图 10-2-7 帝豪仪表电路

版权说明

● 北方国际汽车教育对本教材或课件(包括但不限于相关的产品、服务、信息、材料)拥有版权等知识产权,受法律保护。

● 未经北方国际汽车教育书面许可,任何单位及个人不得以任何方式或理由对上述教材或课件(包括但不限于产品、服务、信息、材料)的任何部分进行使用、复制、修改、抄录、传播或与其它产品捆绑使用、销售。

● 凡侵犯北方国际汽车教育版权等知识产权的,公司必依法追究其法律责任。

中职北方智扬(北京)教育科技有限公司

Copyright Notice

All reserved by Beifang International Automobile Education. Any reproduction, dissemination, transmission, forwarding, publishing, and using or selling the bundled with other products is strictly prohibited without the express written permission of Beifang International Automobile Education.

Chian Vocational Training beifang Zhiyang (Beijing) Education Technology Co., Ltd.