

# 目 录

项目一 新能源汽车电气与电子系统 .....	1
任务一 电源系统 .....	1
任务二 充电系统 .....	2
任务三 电机冷却系统 .....	10
任务四 暖风与空调系统 .....	15
任务五 制动系统 .....	20
任务六 电动转向系统 .....	30
课后习题 .....	32
项目二 总线系统 .....	37
任务一 CAN 总线 .....	37
任务二 LIN 总线 .....	51
任务三 MOST 总线 .....	57
任务四 蓝 牙 .....	67
任务五 FlexRay .....	77
任务六 诊断接口 .....	90
课后习题 .....	97
项目三 控制器 .....	100
任务一 使用条件 .....	100
任务二 结 构 .....	101
任务三 数据处理 .....	101
任务四 控制器中的数字组件 .....	104
课后习题 .....	109
项目四 纯电动汽车整车电气系统 .....	111
任务一 汽车的供电 .....	111

任务二 电能管理系统 .....	116
任务三 双电池整车电气系统 .....	118
任务四 线    束 .....	119
任务五 插头连接 .....	122
课后习题 .....	123
<b>项目五 低压蓄电池 .....</b>	<b>126</b>
任务一 功能与要求 .....	126
任务二 结    构 .....	127
任务三 蓄电池的工作原理 .....	128
任务四 蓄电池类型 .....	130
任务五 蓄电池参数 .....	132
任务六 蓄电池型号 .....	133
任务七 蓄电池的实验室和实用测试 .....	135
任务八 蓄电池的维护 .....	138
课后习题 .....	145
<b>项目六 电路符号和电路图 .....</b>	<b>147</b>
任务一 电路符号 .....	147
任务二 电路图 .....	149
任务三 电气装置的识别标志 .....	153
任务四 连接端子的标记 .....	155
任务五 比亚迪 E5 电路识读方法 .....	159
任务六 吉利 EV450 电路识读方法 .....	168
课后习题 .....	173
<b>项目七 新能源汽车电气系统常见故障检测与维修 .....</b>	<b>176</b>
任务一 吉利 EV450 灯光系统检测维修 .....	176
任务二 吉利 EV450 舒适系统检测维修 .....	205
任务三 汽车防盗系统检测维修 .....	245
任务四 汽车先进电气技术应用简介 .....	251
课后习题 .....	253
<b>参 考 文 献 .....</b>	<b>260</b>

# 项目一 新能源汽车电气与电子系统

某种程度上，汽车产业的成功是为了技术的持续革新。和 20 世纪 70 年代一样，汽车产业的目标是借助新技术，打造更安全、更清洁、更节能的汽车，将这种性能与顾客的价值相结合。比如欧洲柴油机的热潮。同时，汽油发动机的开发也有了很大的进步。与传统的进气道喷射相比，缸内直接喷射技术降低了燃料消耗。电子刹车控制系统的开发提高了汽车的安全性。1978 年引进的电子防锁死系统（ABS）不断开发改进，现在已成为欧洲车辆的标准配置。1995 年首次在集成了电子防锁定功能的车辆上设置了电子稳定程序（ESP）。

电子系统的发展似乎也提高了驾驶的舒适性。坡度辅助控制（HHC）就是一个典型的例子。该系统已集成在电子稳定程序（ESP）中，可以辅助驾驶员完成半坡起步。

大量的新功能在驾驶员辅助系统上涌现，比如如今的停车辅助系统或电子导航系统等产品。其目标是设计“有感觉的汽车”，由传感器等电子设备感知车辆四周环境，借助超声波、雷达和视频成像技术，一定程度上辅助驾驶员操控车辆，比如改善夜视环境或辅助控制车距等。

## 任务一 电源系统

### 知识目标

了解常见的新能源汽车电气系统；  
掌握新能源汽车充电系统的组成及工作原理。

### 能力目标

能够说出电源系统中零部件的名称；  
能够在新能源汽车中找到每个电源系统的部件。

### 基础知识

纯电动汽车的供电系统由电池组、控制系统、保护装置、通信线路等构成。外围结构

包括充电控制模块、显示器、辅助电源等。纯电动汽车方面，PHEV，包括充电器（车载充电器和/或地上充电器）、充电站（桩）和其他设施。根据车整体的不同设计和功能也不同。

电池组是电源系统中最重要的一部分。一组电源系统由一个或多个电池组组成，其组件包括电池模块（电池单元）、电池组控制单元 BMU（主要用于收集和均衡电池电压和温度数据）、温度传感器、散热系统。冷却系统电源由车辆的辅助电源或蓄电池组提供。

系统监视器 BECU 是整个供电系统的管理模块，一方面根据 BMU 在电池组中提交的数据来评估电池的状态，并将判定结果发送给车辆控制单元或多能源控制器，车辆控制根据电池状态调整工作模式，BECU 还会在仪表盘显示一些主要参数。充电根据 BMU 数据与充电和充电控制进行通信，另一方面执行命令，由车辆控制单元传送来控制供电系统。

电流传感器和继电器是电源系统的重要组成部分，BECU 根据当前电流提供 SOC 保护和计算；对电源系统的有效保护、漏电安全保护等是通过 BECU 或整车控制器对继电器的控制来进行的。

辅助蓄电池为 BECU 提供动力。某些情况下为电池组的散热系统提供输入。一般为 12V 或 24V 电源。或者通过 DC-DC 模块将电源系统的电压转为所需的电压从而对 BECU 及车辆电气进行供电。

对于车用动力电源系统来说，除 42V 电源系统外，其他基本为高压系统，最高的电压超过 600V，所以系统中要安装继电器或者熔断装置，有的需要安装多个，以便在出现故障、安全隐患时及时将电源断开，并形成较低电压的系统。BECU 下发继电器的控制指令，但最后的控制应由整车控制系统来进行。因为当 BECU 直接下发指令断开继电器时，爬坡道程中车辆可能会出现溜坡现象，行驶过程中会突然熄火，更容易造成安全事故。

漏电保护装置主要检测系统与车体搭铁接地之间的绝缘程度，一旦出现漏电现象，能切断电源，进行保护。有的漏电保护装置直接装在整车控制系统中，由整车来直接控制。

纯电动汽车或 PHEV 可能会安装车载充电机，以便于及时充电。混动汽车在使用过程中不必专门用充电机充电，充电过程中管理系统与车载充电机应实时通讯，以便对充电进行有效控制。

## 任务二 充电系统



### 知识目标

- 掌握新能源汽车充电系统的组成及工作原理；
- 了解新能源汽车充电国家标准。

## 能力目标

能在新能源汽车上找到充电系统；  
能够说出充电系统中零部件的名称。

## 基础知识

电动汽车充电系统主要包括充电桩、充电接口、车载充电机、高压控制盒（PDU）、动力电池、充电指示灯及高压导线组成，如图 1-2-1 所示。因车型的不同可能高压控制盒单独设置也可能集成在其他控制单元中。

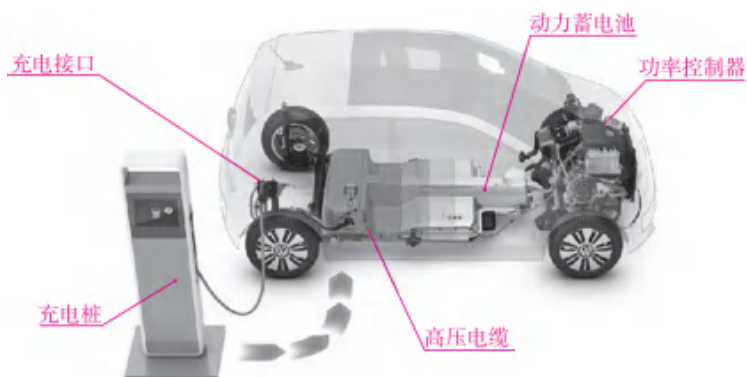


图 1-2-1 电动汽车充电系统的组成

### 1. 充电桩

常见的充电桩主要有交流充电桩、直流充电桩和交直流一体充电桩，如图 1-2-2 所示。



图 1-2-2 交直流一体充电桩

## 2. 充电插口

### (1) 充电插口的组成

充电插口是用于连接电缆和电动汽车的充电部件，主要由充电插座与插头两部分组成，如图 1-2-3 所示。



图 1-2-3 充电插口的组成

### (2) 充电插口的要求

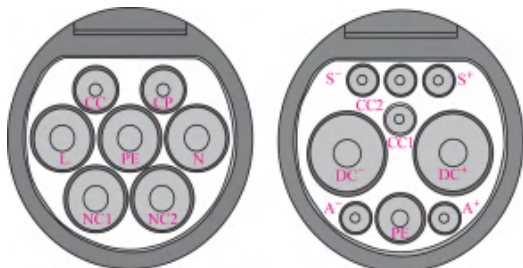
在电动汽车的产业化过程中，充电接口的标准化非常重要。充电接口应该满足以下几方面要求。

- ①能够承受较大电流的流量，避免由于电流过大引起插座发热和故障产生安全隐患。
- ②插头与插座充分耦合，接触电阻小，以免接触不良引起火花烧蚀或虚接。
- ③能够实现通信功能，方便电动汽车 CAN 通信或者电池管理系统与车载充电机对接。
- ④具备防误插功能。因为电动汽车使用的充电设备或者电池的型号和性能不同，所以所需要的电源就不一样，同时，因为各插头的性能不同，插头的电极不能插错，这就要求不同的电源插头要有一定的识别功能。
- ⑤具备合理的外形，方便执行插拔充电。

### (3) 充电接口的标准

充电插口上，不同国家和不同地区都有各自的标准，目前美、欧、中三大充电插口标准成为主要标准。

中国的国标 GB/T20234 规定了交流接口与直流接口的标准，交流接口使用的是七针的设计，直流接口使用的是九针的设计，如图 1-2-4 所示。



交流（七针）充电插头

图 1-2-4 国标交流接口与直流接口的针脚布置及定义

### 3. 车载充电器

车载充电器主要功能如下：

- (1) 将交流电转换成直流电给动力电池充电；
- (2) 充电时，车载充电器根据车辆控制单元（VCU）的指令来定制充电模式；
- (3) 车载充电器内部有滤波装置，可以抑制交流电网对车载充电机的干扰。

如图 1-2-5 所示是大众高尔夫插电混合动力车型中的车载充电器高压线束连接。

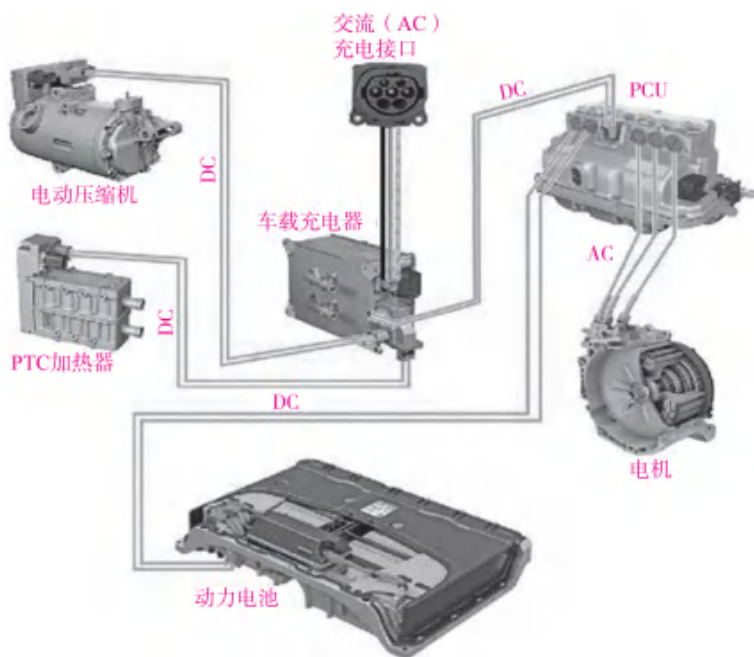


图 1-2-5 车载充电器高压线束连接

### 4. 充电指示灯

充电指示用不同的颜色（通常是绿、黄、红色）来说明电量状态。不同车型的指示灯和所代表的功能因车而异。表 1-2-1 是江淮电动充电指示灯功能。

表 1-2-1 江淮电动车充电指示灯的功能

序号	功能	指示灯状态
1	准备充电	黄灯亮
2	正在充电	绿灯持续点亮
3	电量充满	绿灯闪烁，持续时间约 1 分钟
4	结束充电或未充电	熄灭

(续表)

序号	功能	指示灯状态
5	定时充电或远程充电	黄灯闪烁, 持续时间约 1 分钟

## 5. 高压配电箱 (PDU)

高压配电箱是新能源汽车的高压配电设备, 是动力电池与各高压设备的电源和信号传递的桥梁, 如图 1-2-6 所示。

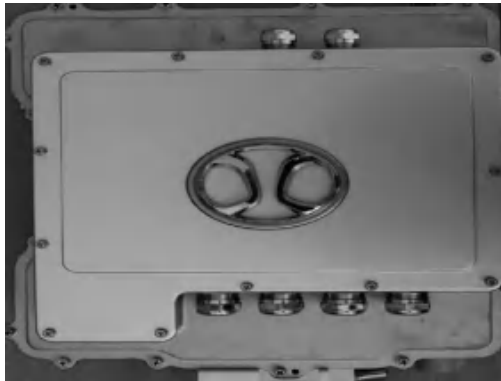


图 1-2-6 北汽 EV160 的高压配电箱

北汽 EV160 高压配电箱内部结构及其高压配电系统分别如图 1-2-7 和图 1-2-8。

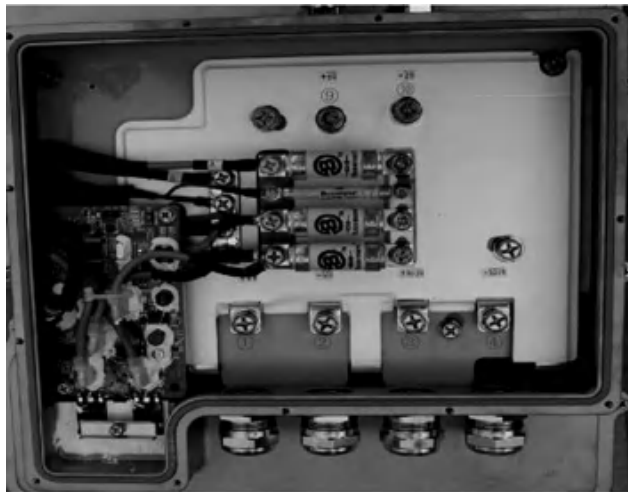


图 1-2-7 北汽 EV160 的高压配电箱内部结构

- 1—动力电池高压输入正极；2—动力电池高压输入负极；3—高压输出到电机控制器正极；
- 4—高压输出到电机控制器负极；5—PTC 高压熔断器 (32A)；6—压缩机高压熔断器 (32A)；
- 7—DC/DC 高压熔断器 (16A)；8—充电机高压熔断器 (32A)；9—接快充输入正极；
- 10—接快充输入负极；11—PTC 控制器



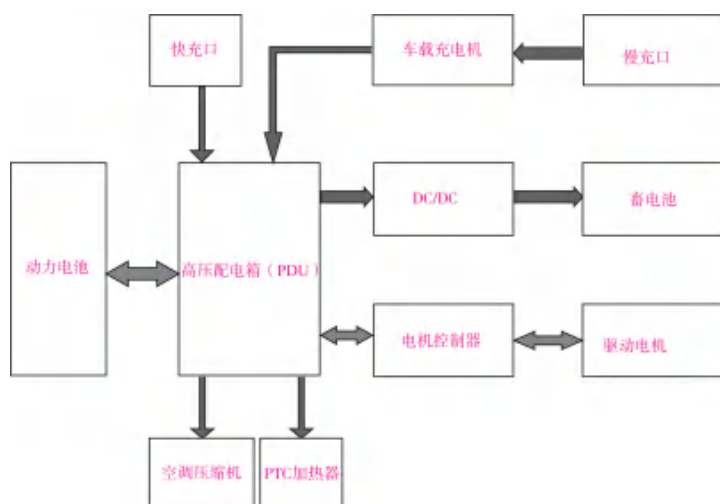


图 1-2-8 北汽 EV160 的高压配电系统

## 1. 充电控制流程

充电控制流程如图 1-2-9 所示。

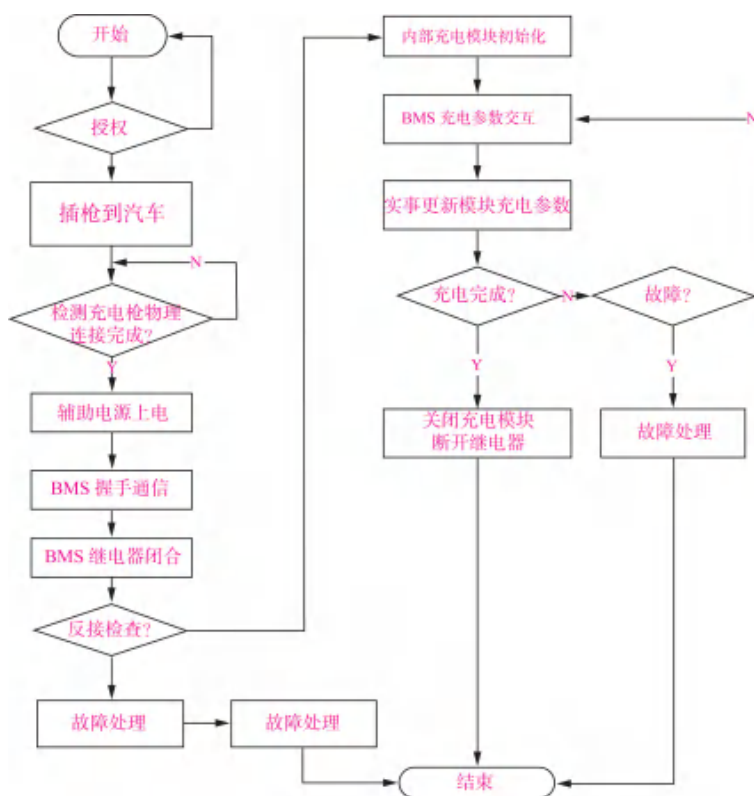


图 1-2-9 充电控制流程

## 2. 交流充电工作原理

使用交流供电设备对车辆充电，交流供电设备与车辆的典型电路原理如图 1-2-10 所示。

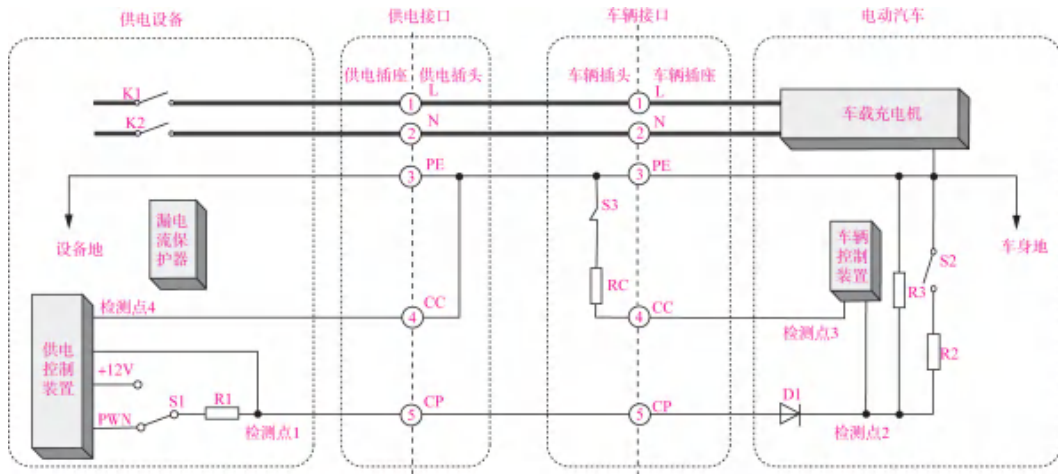


图 1-2-10 交流供电设备与车辆的典型电路原理

利用车载充电器对电动汽车充电，充电过程如下：

### (1) 确认连接状态

①将车辆插头和插座耦合后，车辆可以触发条件，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 1-2-10 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。

③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 S1，供电控制装置发出 PWM 信号，电动汽车车辆控制装置通过测量图 1-2-10 中检测点 2 的脉宽调制信号，来判断充电连接装置是否已完全连接。

### (2) 设定参数

①电动汽车与供电设备建立电气连接，车载充电器完成自检后，通过测量图 1-3-10 中检测点 2 的脉宽调制信号，确定充电额定电流值；车载充电器向电动汽车控制装置发送信号，同时或延时向车辆控制装置供电；根据充电协议确认信息，如需充电，则确认电动汽车控制装置发送所需充电信息，控制充电接触器闭合，车载充电器根据所需功率输出。

②车辆控制装置通过判断图 1-2-10 中检测点 2 的脉宽调制信号占空比来确定供电设备当前能够提供的最大充电电流值；车辆控制装置比较供电设备、充电连接装置和车载充电器的额定输入电流值，并将最小值设定为车载充电器的当前最大允许输入电流；当车载充电器完全连接并设定最大允许输入电流后，判断充电连接装置完成时，关闭车辆控制装置

图中的 K1、K2，车载充电器开始给电动车充电。

### (3) 充电过程中

①充电过程中，车辆控制装置可以监视图 1-2-10 中检测点 3 的电压值和脉宽调制信号占空比，电源控制装置可以监视图 1-2-10 中检测点 1 的电压值。

②充电过程中，当充电完成或其它原因不满足充电条件时，车辆控制装置向车载充电器发送充电停止信号，车载充电器停止直流输出、can 通信和低压辅助电源输出。

## 3. 直流充电工作原理

利用直流充电桩对电动汽车充电，充电过程如下：

(1) 将车辆插头和插座耦合后，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) 对非车载充电器充电后，非车载充电器控制装置通过测试面板测试点 1 的电压值判断车辆插头和车辆插座是否已完全连接。如果测试点 1 的电压值为 4V，则判断车辆接口已完全连接，非车载充电器控制锁止。

(3) 车辆接口完全接通后，若非车载充电器自检完毕，关闭接触器 K3、K4，使低压辅助电源电路开路，同时开始周期性发送充电器识别信息；在得到非车载充电器，车辆控制装置通过测量检测点 2 的电压值来判断车辆接口是否完全连接，例如检测点 2 的电压值是否为 6V，车辆控制装置将开始定期发送车辆控制装置 B（或蓄电池管理系统）的识别信息。该信号也可作为车辆处于非驾驶状态的触发条件之一。

(4) 在车辆控制装置和非车载充电器控制装置之间的通信握手和配置完成后，车辆控制装置关闭接触器 K5 和 K6，使充电电路开路，作为车载充电器控制装置，关闭接触器 K1 和 K2，使直流电源电路导通。

(5) 在整个充电过程，车辆控制装置通过向非车载充电器控制装置实时发送充电电平要求来控制整个充电过程。非车载充电器控制装置根据电池充电水平要求，调整充电电压和充电电流，保证充电过程正常。此外，车辆控制装置和非车载充电器控制装置还相互发送各自的状态信息。

(6) 车辆控制装置根据蓄电池系统是否达到完全充电状态或接收到充电电机暂停充电的电报来判断是否结束充电。当满足上述充电结束条件时，车辆控制装置开始周期性地车辆控制装置（或蓄电池管理系统）发送暂停充电信息，并在一定时间后断开接触器 K5 和 K6；非车载充电器控制装置开始周期性地发送暂停充电向充电器发送信息，并控制充电器停止充电，然后断开接触器 K1、K2、K3 和 K4，然后释放电子锁。

## 任务三 电机冷却系统



### 知识目标

了解冷却系统的功用；  
掌握新能源汽车冷却系统的组成及工作原理。



### 能力目标

能在新能源汽车上找到冷却系统；  
能够说出冷却系统中零部件的名称。



### 基础知识

电机作为电动汽车的驱动装置，可以实现非常低的排放或零排放。在电动汽车驱动和能量回收过程中，电机定子铁芯和定子绕组在运动过程中会产生损耗。这些损失将以热的形式向外辐射。为了保证电机在冷热循环平衡的稳定通风系统中安全可靠地运行，需要有效的冷却介质和冷却方法来带走热量。电机冷却系统的设计将直接影响电机的安全运行和使用寿命。如图 1-3-1 所示。

电动汽车驱动马达和控制器的冷却系统主要通过冷却泵驱动冷却液，在冷却管中循环流动。通过对散热器进行热交换等物理过程，冷却液会给电动机和控制器带来热量。为了充分散发散热器的热量，通常在散热器的后方设置风扇。

#### 1. 电动机冷却系统分类

当电动机工作时，总有一部分损失转化为热量。它必须通过电机外壳和周围的介质不断地散热。这种散热过程叫做冷却。电动机的主要冷却方式有自然冷却、风冷和水冷。各类冷却系统的组成、特点及应用见表 1-3-1 所示。

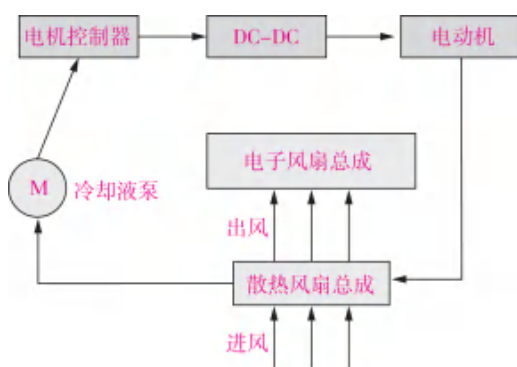


图 1-3-1 比亚迪 E6 车型驱动  
电动机冷却系统原理

表 1-3-1 散热方式

散热方式	优点	缺点
水冷	1. 散热均匀，散热效率高，散热效果好； 2. 工作可靠性强； 3. 耐候性好，受环境影响小； 4. 噪音较小。	1. 散热系统结构较复杂，安全等级要求高； 2. 成本高； 3. 售后维护难度较大。
风冷	1. 散热系统结构简单，零部件少，整体质量轻； 2. 成本低； 3. 售后维护难度较小。	1. 散热不均匀，散热效率低，散热效果不好； 2. 工作可靠性差。

## 2. 常见车系电动机冷却系统

### (1) 荣威 E50

#### ① 概述

荣威 E50 的电动冷却系统分为逆变器 (PEB) / 驱动马达冷却系统、高压电池冷却系统 (ESS) 两个独立系统。荣威 E50 逆变器 (PEB) / 驱动马达冷却系统主要由散热器、冷却风扇、膨胀罐、冷却液泵、冷却液软管、冷却液温度传感器构成。如图 1-3-2 所示。

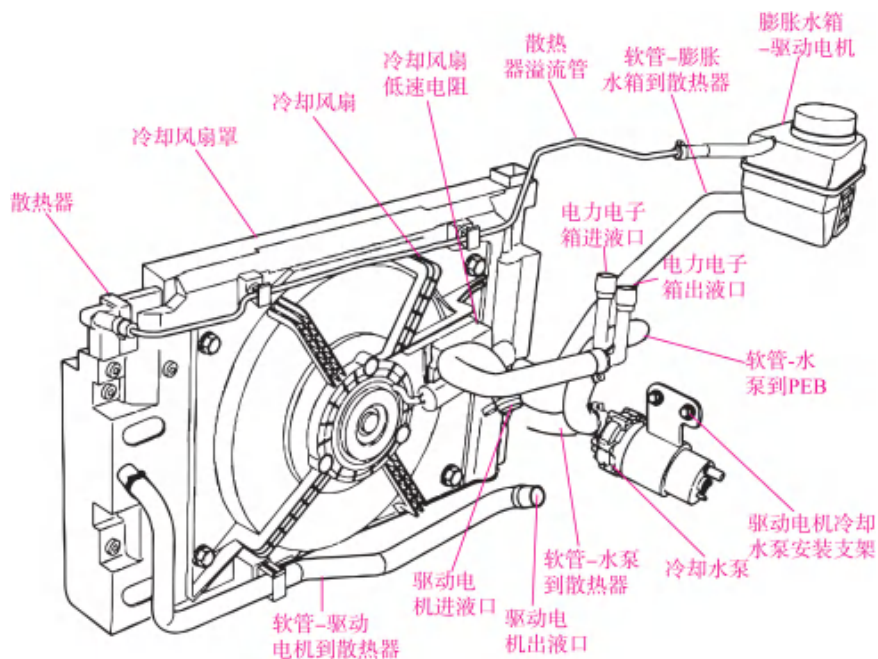


图 1-3-2 荣威 E50 电机冷却系统

#### ② 冷却液液流的控制

其如图 1-3-3 所示荣威 E50 冷却系统冷却液在管路中的循环路径如图 1-3-3 所示，驱

动电动机冷却原理如下：利用传导原理，从 PEB/驱动电动机的部件向冷却液传递热量，带热的冷却液通过散热器内的蒸发管道，通过冷却风扇吹气流，将热量传递到大气中。系统温度低时，冷却液泵不工作。当温度上升时，冷却液泵启动，冷却液通过软管流入散热器内，散热器将热散发到空气中，使 PEB/驱动电动机部件保持在最佳的工作温度。冷却液从右侧上部的水室到左侧底部的水室通过散热器，通过铁芯的空气冷却。用 ECT 传感器测量冷却系统的温度。该传感器向 PEB 发送信号，根据需要控制冷却风扇的动作。冷却液的温度信号通过 PEB 和 CAN 总线显示冷却液的温度。这个仪器会实时显示冷却液的温度。冷却液温度过高时，仪表警告灯和提示组合起来提醒驾驶员。

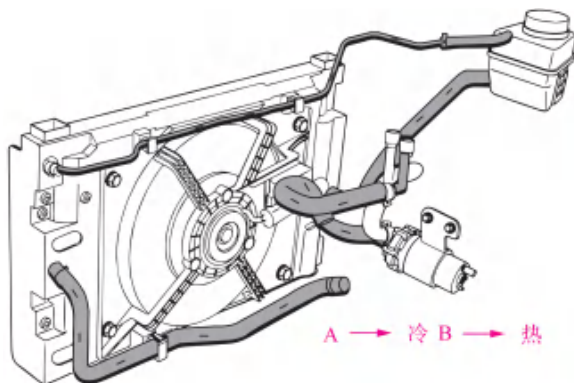


图 1-3-3 冷却循环路径

### ③冷却风扇的控制

荣威 E50 冷却风扇的控制原理如图 1-3-4 所示。

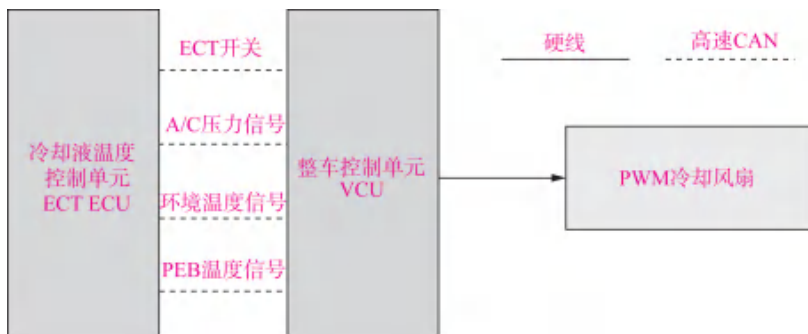


图 1-3-4 荣威 E50 冷却风扇控制原理

PWM 冷却风扇受整车控制单元 VCU 控制，冷却风扇工作时，整车控制单元 VCU 控制 PWM 模块使冷却风扇在 20%~90% 的占空比范围内的 8 个挡位的速度工作，以满足不同的冷却负荷要求。

冷却风扇开启条件：冷却风扇开启取决于 A/C 和 PEB 冷却液温度这两个重要因素。当 A/C 开启或 PEB 冷却液温度高于 52℃ 时，冷却液风扇开始工作。

冷却风扇停止工作条件：如果 PEB 冷却液温度低于  $65^{\circ}\text{C}$ ，并且 A/C 关闭，冷却风扇停止工作。点火开关关闭，A/C 关闭，PEB 冷却液温度高于  $65^{\circ}\text{C}$ ，冷却风扇继续工作，如果环境温度低于  $10^{\circ}\text{C}$ ，冷却风扇会工作 30s，环境温度高于  $10^{\circ}\text{C}$ ，冷却风扇会工作 60s。

#### ④PEB/驱动电动机冷却系统控制

PEB 的工作温度不能超过  $75^{\circ}\text{C}$ ，最合适的工作温度应该低于  $65^{\circ}\text{C}$ 。将温度控制在  $75^{\circ}\text{C}$  以下可以更好的延长 PEB 和驱动电动机的使用寿命。PEB 开始工作时，电动冷却液泵会立即打开，冷却液温度传感器向 ECT 提供温度信号。PEB 计算冷却液温度将它与 PEB 冷却温度传感器信号进行比较，从而判断是否需要使用 PEB 冷却液温度传感器。

#### (2) 广汽传祺 AG 新能源

广汽传祺 AG 新能源车辆驱动电动机采用水冷式冷却系统，控制原理和组成与荣威 E50 基本相同。如图 1-3-5 为系统组成。

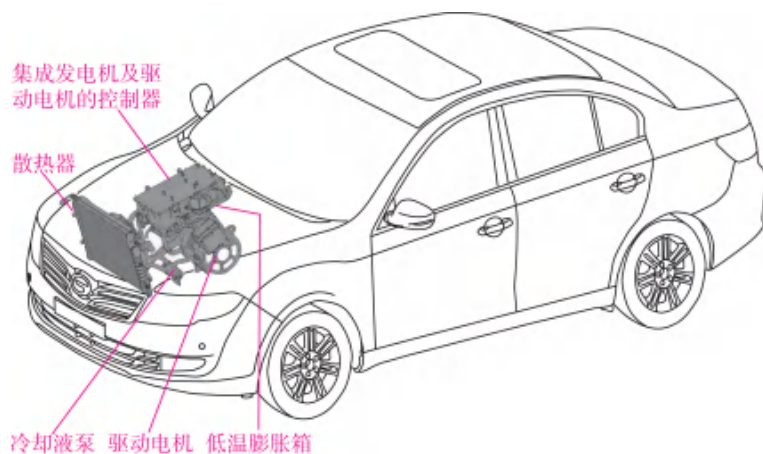


图 1-3-5 广汽传祺 AG 冷却系统

冷却系统液流路径如图 1-3-6 所示。

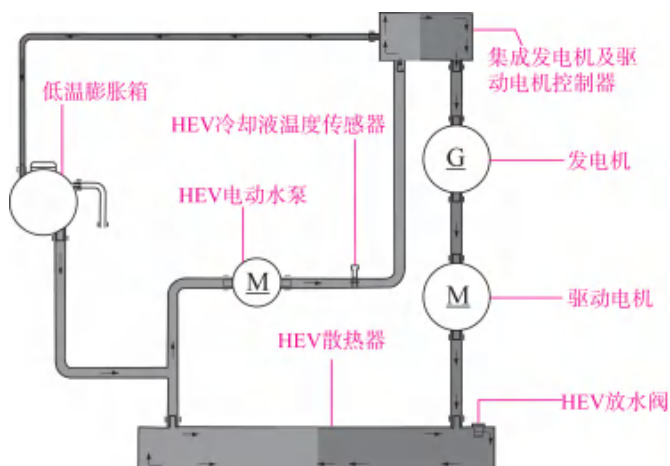


图 1-3-6 冷却系统液流路径

(3) 宝马 F18 (530LE)

为了保证驱动电机在任何工况下的冷却效果，宝马 530le 在冷却系统中使用了冷却电机，并将冷却电机连接到发动机的冷却管路上。宝马 530le 发动机和电机的冷却液循环路径如图 1-3-7 所示。

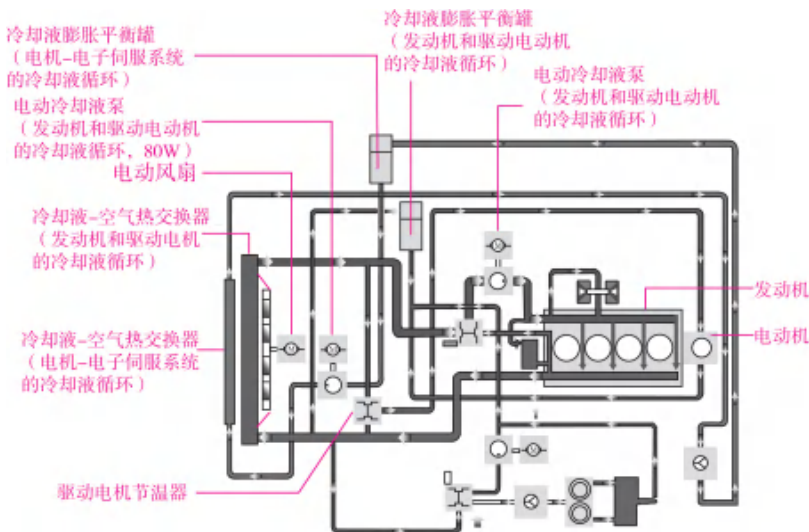


图 1-3-7 马 530LE 冷却液循环路径

为了冷却定子绕组，定子支架和自动变速器壳之间有一个冷却通道，冷却液从发动机冷却回路流出。冷却通道分别通过两个密封圈前后密封。变速器油冷却转子，油雾状的变速器油吸收热量并将热量排放到变速器油冷却器中的大气中。驱动电机配有恒温器，可将冷却液流动温度调节到 80℃ 左右的最佳范围。由于电动机的工作温度低于发动机的工作温度，所以必须进行此项调节。恒温器由石蜡恒温元件调节，该恒温元件根据冷却液温度膨胀。现在没有电控装置。恒温器的工作原理如图 1-3-8 所示。

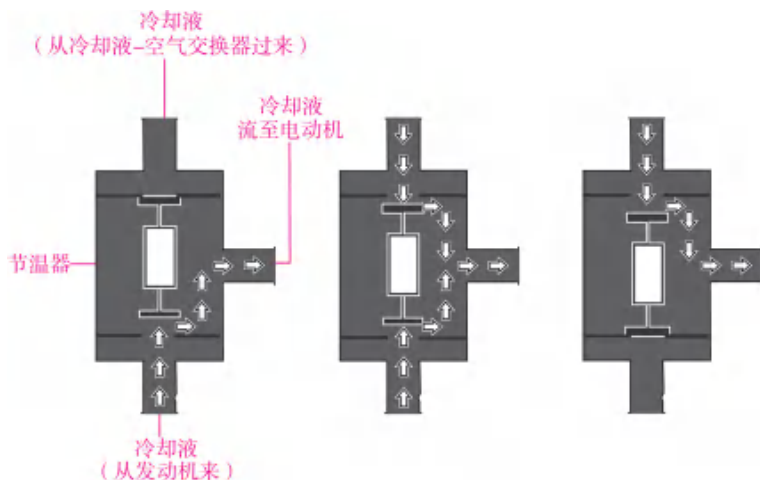


图 1-3-8 节温器工作原理



#### (4) 丰田混合动力车型

丰田混合动力车型，如普锐斯、凯美瑞和卡罗拉双引擎，都配备了另一套独立于发动机冷却系统的冷却系统逆变器 MG1 和 MG2。冷却系统由专用储液罐、专用冷却液泵、专用散热器和专用冷却液管路组成，如图 1-3-9 所示。

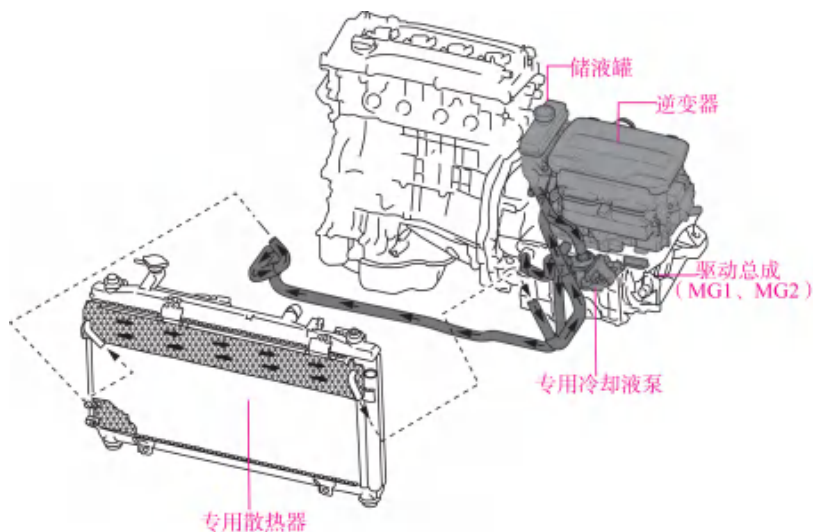


图 1-3-9 丰田混合动力车型冷却系统

当车辆电源状态切换到 readyon 时，冷却系统启动。变频器专用散热器 MG1、MG2 安装在冷凝器（空调）上部。通过集成独立的变频散热器、空调冷凝器和发动机散热器，布局更加紧凑。

## 任务四 暖风与空调系统

### 知识目标

了解空调系统的功用；  
掌握新能源汽车空调系统的组成及工作原理。

### 能力目标

能在新能源汽车上找到空调系统；  
能够说出空调系统中零部件的名称。

## 基础知识

新能源汽车空调系统与传统燃油汽车空调系统工作原理相同，但空调压缩机的驱动方式和制热方式不同。新能源汽车采用高压电动空调压缩机，由动力电池驱动。电暖气通常用来取暖。电加热有两种方式：一种是加热冷却液，然后通过循环为温水罐提供热量；另一种是直接加热通过蒸发罐的空气，实现温热空气。

新能源汽车空调系统电动压缩机采用高压驱动。电动空调压缩机压缩来自蒸发器的低压和低温蒸汽，并将其增压成高压和高温蒸汽送到冷凝器，使制冷剂在系统周围循环。空调制冷系统如图 1-4-1 所示



图 1-4-1 空调制冷系统原理

纯电动汽车没有传统汽车的发动机和热源，需要依靠 PTC 加热器的热能来加热。PTC 是正温度系数的缩写。PTC 加热器采用 PTCR 热敏电阻陶瓷元件，由多个单件组成，高温下与波纹散热铝带粘结。它具有热阻小、换热效率高等优点。PTC 加热器的结构如图 1-4-2 所示。

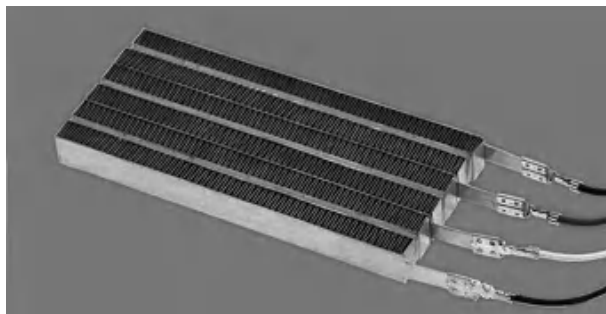


图 1-4-2 PTC 加热器结构

宝马 530le (f18phev) 插电式混合动力汽车空调系统在宝马 530le (f18phev) 插电式混合动力车型中采用了电动制冷压缩机。由于制冷压缩机有电力驱动，它可以独立于发动机驱动空调。如图 1-4-3 所示。

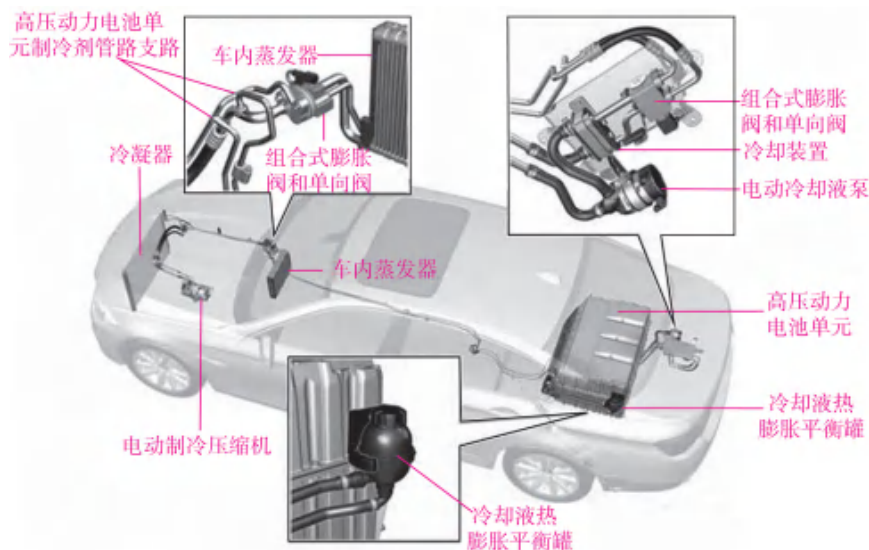


图 1-4-3 宝马 530Le 制冷系统结构原理

为了冷却高压动力电池组冷却液循环中的冷却液，采用了冷却装置。冷却高压动力电池组的制冷剂循环与冷却车中的制冷剂循环并联。空调制冷剂循环和高压动力蓄电池单元冷却液循环连接到冷却液制冷剂热交换器。

宝马 530le (f18phev) 插电式混合动力车型的电动空调压缩机为螺杆式压缩机（又称涡流式）。压缩机的电力约为 5kW。电动压缩机的驱动电压在 288V~400V 之间，如果电压高于或低于此范围，则会降低或断开电源。压缩机如图 1-4-4 所示。

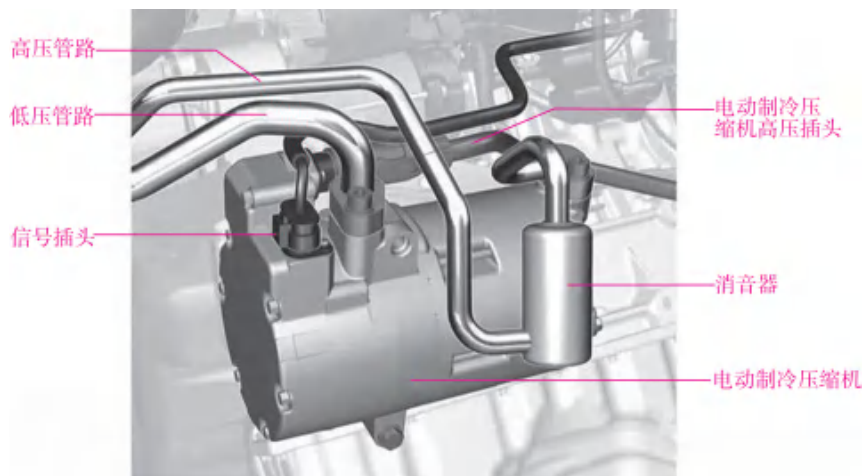


图 1-4-4 宝马 530le 空调压缩机

宝马 530le (f18phev) 插电式混合动力车型的热交换器集成在发动机和电机的冷却循环中。由于混合动力汽车的特殊性，发动机在行驶时无法将冷却液循环至所需温度。因此，空调供暖系统还配有电加热器。加热原理如图 1-4-5 所示。

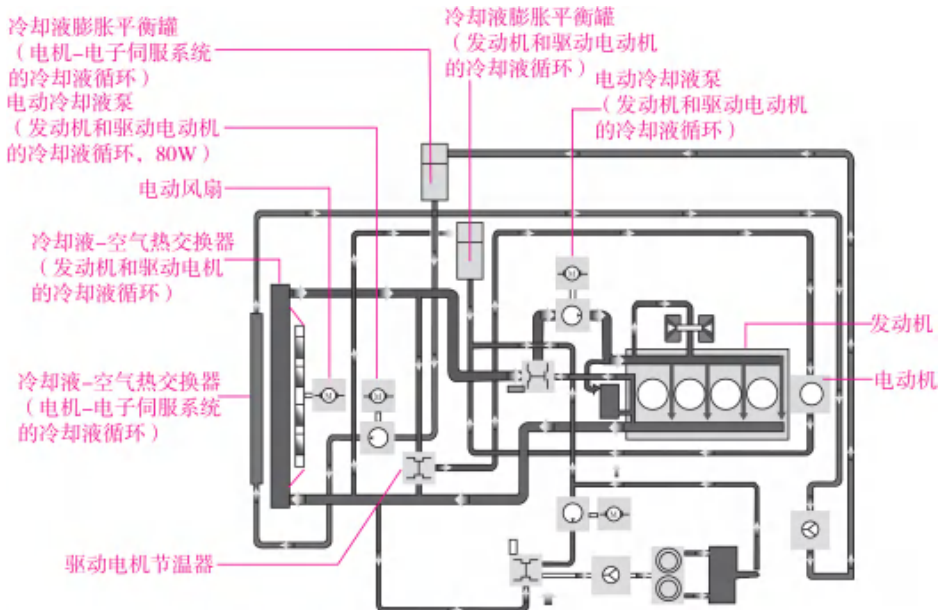


图 1-4-5 宝马 530Le 暖风加热原理

暖风系统部件安装位置如图 1-4-6 所示。



图 1-4-6 暖风系统安装位置

电加热装置的功能原则上与直通式加热器相同。通过换向阀可建立独立的加热回路，

回路的循环由电动冷却泵维持。电加热装置如图 1-4-7 所示。



图 1-4-7 电加热装置

当冷却液温度较低时，例如在离开后不久或在纯电动驾驶模式下，电动换向阀通过接线盒电子设备进行控制。电动换向阀阻止发动机冷却液循环的进气。现在，电动冷却液泵将冷却液吸入电加热装置并加热，然后根据需要通过双水阀将冷却液输送到加热热交换器。具体原理如图 1-4-8 所示。

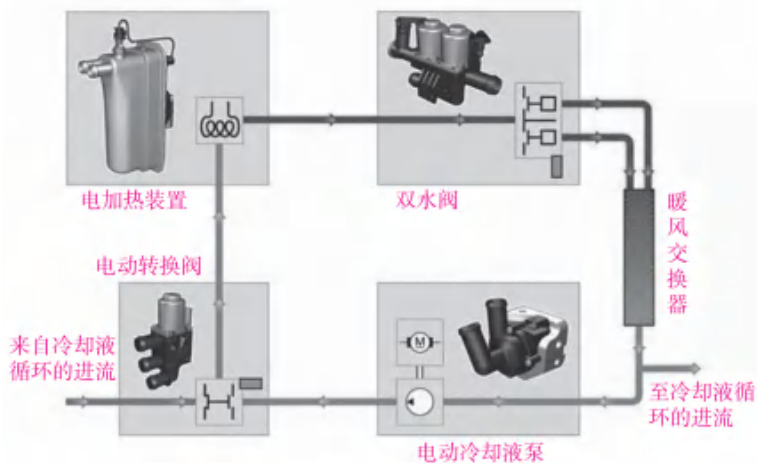


图 1-4-8 冷却液低温时工作原理

当冷却液温度较高时，发动机加热的冷却液由于没有向热交换器供电而流过切换阀、电加热装置和打开的双水阀。在这里，冷却剂将一部分热量排放到流经热交换器的空气中，最后流回发电机冷却剂循环。电加热现已关闭，但电动冷却液泵已启动。具体原理如图 1-4-9 所示。

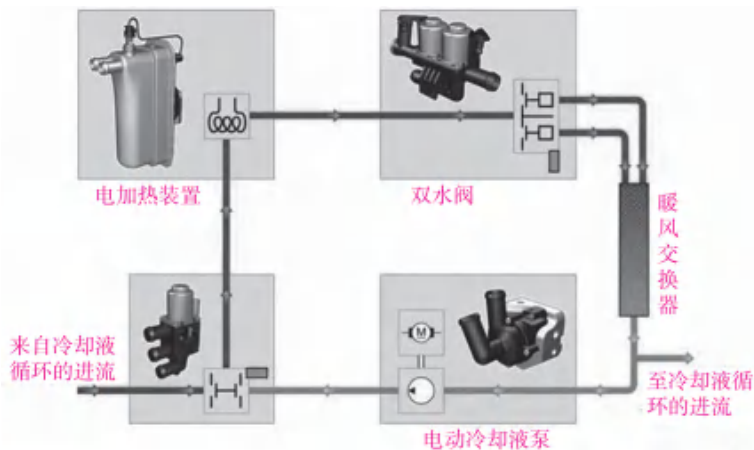


图 1-4-9 冷却液高温时工作原理

## 任务五 制动系统



### 知识目标

了解制动系统的功用；  
掌握新能源汽车制动系统的组成及工作原理。



### 能力目标

能在新能源汽车上找到制动系统；  
能够说出制动系统中零部件的名称。



### 基础知识

#### 1. 纯电动汽车制动系统

纯电动汽车液压制动系统的基本结构与传统汽车的差别不大，但液压制动系统的真空辅助系统和制动主缸两部分有很大的差别。

绝大多数车辆采用真空伺服制动系统，可以人力和动力来使用。真空助力器利用前后室之间的压差提供帮助。传统汽车真空助力器的真空源来自发动机进气管，真空度一般可

达 0.05~0.07MPa。对于纯电动汽车，由于没有发动机总成，没有传统的真空源，仅靠人力产生的制动力无法满足行车制动的需要，因此通常需要设计一个独立的电真空泵为真空助力器提供真空源，该电源系统就是电真空电源系统，即 EVP 系统。

如图 1-5-1 所示，电动真空助力器系统由真空泵、真空罐、真空泵控制器（后集成到 VCU 车辆控制器中）、与传统车辆相同的真空助力器和 12V 电源组成。

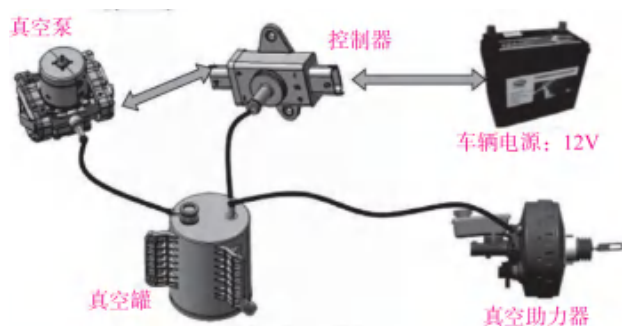


图 1-5-1 电动真空助力系统

电动汽车动力系统的工作过程如下：当驾驶员启动车辆时，车辆电源接通，控制器开始进行系统自检。如果真空罐中的真空度小于设定值，真空罐中的真空压力传感器会向控制器输出相应的电压信号。此时，控制器控制 EVP 工作。当真空度达到设定值时，真空压力传感器向控制器输出相应的电压信号，控制器控制真空泵停止工作。当真空罐内真空度因制动消耗低于设定值时，电动真空泵重新开始循环工作。

#### (1) 电动真空助力系统的主要组成元件

以下介绍电动真空助力系统的主要组成元件。

##### ① 真空泵

真空泵是一种利用机械、物理、化学或物理化学方法从容器中抽取空气以获得真空的装置或设备。一般来说，真空泵是一种通过各种方法在封闭空间内改善、产生和维持真空的装置。如图 1-5-2 所示的汽车常用电动真空泵。



图 1-5-2 北汽 EV 系列助力泵

②真空罐

真空罐用于储存真空，并通过真空压力传感器感知真空度并把信号发送给真空泵控制器，如图 1-5-3 所示。

③真空泵控制器

真空泵控制器是电真空系统的核心部件。真空泵控制器根据真空罐真空压力传感器发出的信号控制真空泵的运行，如图 1-5-4 所示。



图 1-5-3 真空罐 (电线插头位置为真空压力传感器)

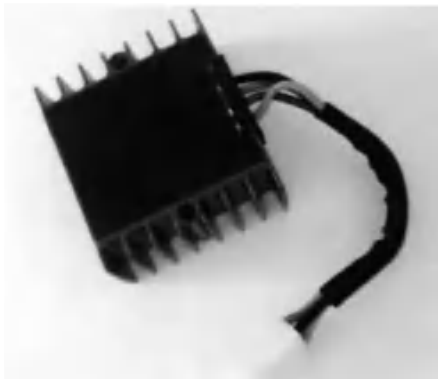


图 1-5-4 真空泵控制器

(2) 电动真空助力系统的工作原理

以下介绍真空泵控制器对电动真空系统的控制原理。

①真空泵起动策略

当驾驶员启动车辆时，12V 电源接通，电子控制系统模块开始自检。如果真空罐内真空度小于设定值，真空压力开关处于常开状态，此时电动真空泵开始工作。当真空度大于设定值时，真空压力开关或传感器处于常闭状态，电子延时模块立即进入延时工作模式，左右延时 15s 停止。此时，真空罐内真空度达到设定值，电机停止工作。当真空罐内的真空度因制动而消耗，真空度小于设定值时，真空压力开关或传感器再次处于常开状态，电动真空泵重新开始工作等。

②真空泵工作原理

接好电线后，接通 12V 直流电源，控制器接上真空泵电机，开始工作。当真空度达到 -55kPa 时，真空压力开关闭合，高电平信号输出到控制器。控制器接收到信号后延时 10s，电机停止工作。

2. 混合动力汽车制动系统

以典型的丰田普锐斯混合动力汽车的 THS-II（第二代再生制动）制动系统为例，介绍混合动力汽车的制动系统。

丰田普锐斯混合动力汽车的 THS-II 制动系统属于 ECB（电子控制制动）系统。THS-II 制动系统根据驾驶员踩下制动踏板的程度和施加的力计算所需的制动力。然后，



系统施加所需的制动力（包括再生制动力和液压制动系统产生的制动力），并有效地吸收能量。

THS-II 制动系统的组成包括制动信号输入、电源和液压控制，省去了传统的真空助力器。在正常制动过程中，主缸产生的液压被液压信号代替，而不是直接作用在轮缸上。实际控制压力是通过调节作用在轮缸制动执行器上的液压源的液压来获得的。THS-II 制动系统的组成如图 1-5-5 所示。

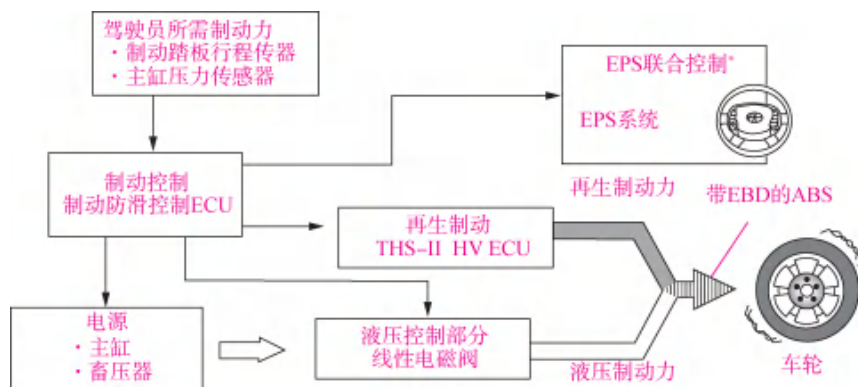


图 1-5-5 THS-II 制动系统组成

ECB ECU 与制动防滑控制 ECU 集成，与液压制动系统（包括带 EBD 的 ABS、制动助力器和 VSC+）集成，实现对制动的全面控制。

除了正常的刹车控制 VSC 功能外，VSC+ 系统还可以根据车辆和 EPS 的行驶状况提供转向辅助，帮助驾驶员转向。THS-II 系统采用电机牵引控制系统。

该系统不仅具有保护行星齿轮和电机的控制功能，还可以对滑动轮施加液压制动控制，将驱动轮的滑动减到最小，产生适合于路面条件的驱动力。THS-II 系统制动系统功能如表 1-5-1 所示。

表 1-5-1 THS-II 系统制动系统的功能

制动控制系统	功能	概述
ECB 系统	VSC+ (车辆稳定性控制)	VSC+ 系统可以在转向时，防止前轮或后轮急速滑动产生的车辆侧滑和 EPS ECU 一起联合控制，以根据车辆的行驶条件供转向助力
	ABS (防抱死制动系统)	制动过猛或者易滑路面制动时，ABS 系统能够防止车轮抱死，保证车辆和人员的安全
EBD 系统	EBD (电子制动力分配)	EBD 控制利用 ABS，根据行驶条件在前分界线和后轮之间分配制动力；另外，转向制动时，它还能控制左右车轮的制动力，以保持车辆平衡行驶

(续表)

制动控制系统	功能	概述
EBD 系统	再生制动联合控制	通过尽量使用 THS-II 系统的再生制动能力, 控制液压制动来恢复电能
	制动助力	制动助力存两个功能, 紧急制动时, 如果制动踏板力不足, 可以增大制动力, 需要强大制动力时增大制动力

(1) 混合动力汽车电子制动控制系统的主要组成元件

电子控制制动 (ECB) 系统的主要部件有: 制动踏板行程传感器、制动灯开关、行程模拟器、制动防滑控制 ECU、制动防c滑控制警告蜂鸣器、制动执行器、制动总泵和备用电源装置。丰田普锐斯混合动力车主要制动部件的位置如图 1-5-6 所示。混合制动系统的主要部件如图 1-5-7 所示。

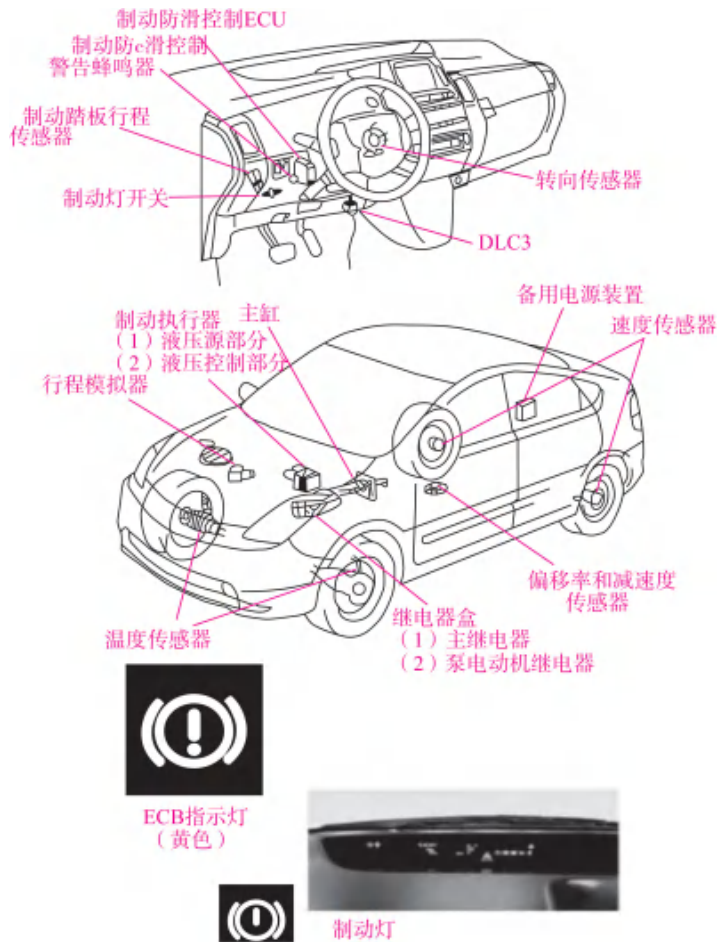


图 1-5-6 普锐斯混合动力汽车主要制动组件



图 1-5-7 混合动力制动系统的主要部件

## ① 制动踏板行程传感器和制动灯开关

制动踏板行程传感器和制动灯开关，如图 1-5-7 所示。



图 1-5-7 制动踏板行程传感器

制动踏板行程传感器直接检测驾驶员踩下制动踏板的程度。该传感器包括一个接触式可变电阻器，用于检测制动踏板行程被踩下的程度，并向制动防滑控制 ECU 发送信号。信号采用反向冗余设计。刹车灯开关的功能与传统汽车相同，用来控制刹车灯和刹车踏板的动作信号。

## ② 行程模拟器

如图 1-5-8 所示，行驶模拟器根据制动时的踏板力生成踏板行程。行程模拟器位于制动总泵和制动执行器之间，根据制动过程中驾驶员踩下制动踏板的力产生踏板行程。行程模拟器包括两种弹簧系数不同的螺旋弹簧，它们具有与主缸压力相对应的踏板行程特性。

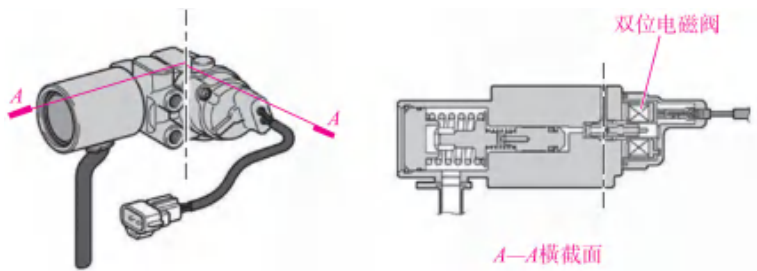


图 1-5-8 行程模拟器

### ③制动防滑控制 ECU

汽车防滑控制系统是汽车防抱死制动系统和防滑驱动系统的统称。制动防滑控制 ECU 处理各种传感器信号和再生制动信号，控制再生制动组合控制、带 EBD 的 ABS、VSC+ 制动辅助和正常制动。根据各传感器的信号，判断车辆的行驶状况，控制制动执行器。

### ④制动执行器

制动执行器如图 1-5-9 所示，包含以下部分：

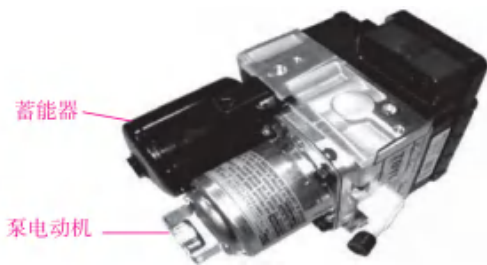


图 1-5-9 制动执行器

液压源部分：它由泵、泵电机、蓄能器、减压阀和蓄能器组成。液压源部分产生并储存压力。刹车防滑控制 ECU 用于控制刹车的液压。蓄能器压力传感器安装在制动执行器中。

液压控制部分：包括 2 个主缸切断电磁阀、4 个供压电磁阀和 4 个减压电磁阀。两个两位主缸切断电磁阀由刹车防滑控制 ECU 控制，用于打开或关闭主缸与轮缸之间的通道；四个线性压力供应电磁阀和四个线性减压电磁阀，由刹车防滑控制 ECU 控制，以增加或降低轮缸中的液压；主缸压力传感器和轮缸压力传感器都安装在制动执行器中。

### ⑤备用电源装置

如图 1-5-10 所示，备用电源装置用于保证制动系统的稳定供电。该装置包括 28 个电容器，用于存储车辆电源（12V）提供的电源。当车辆电源电压（12V）下降时，电容器电池中的电将作为制动系统的辅助电源。当高压系统在电源开关关闭后停止工作时，储存在电容器电池中的电源被释放。检修时切断电源开关后，备用电源装置处于放电状态，但电容器内仍有一定电压。在从车辆上拆卸备用电源装置或打开检查箱内的备用电源装置

之前, 务必检查其剩余电压, 必要时将其放电。

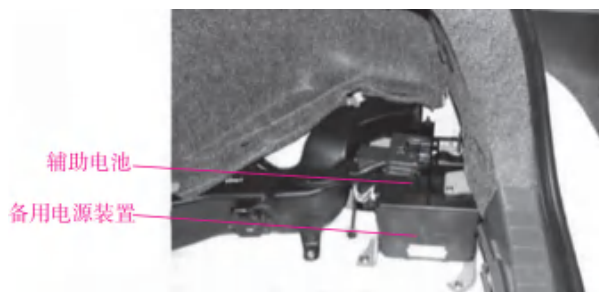


图 1-5-10 备用电源装置

## (2) 混合动力汽车制动系统的工作原理

电源开关(电源信号)打开后, 电池向控制器供电, 控制器开始工作。此时, EMB 信号灯显示系统应正常工作。当驾驶员执行制动操作时, 电子制动踏板行程传感器首先检测驾驶员的制动意图(踏板速度和行程), 并将此信息传输到电子控制单元。ECU 采集轮速传感器、制动踏板行程传感器等信号。每个车轮的最大制动力根据车辆的行驶状态计算。然后, 该指令被发送到执行器(电机)以执行每个车轮的制动。机械和电气制动能快速、准确地提供车轮所需的制动力, 保证车辆的最佳减速和制动效果。

驱动桥和 MG2 通过机械方式连接在一起。驱动轮转动 MG2 发电。MG2 产生的再生制动力将传递到马区的驱动轮。该力由控制发电的 THS-II 系统控制。

再生制动组合控制与传统制动方式最大的区别在于前者不单单依靠液压系统来产生驾驶员所需的制动力, 而是由 THS-II 系统共同控制来提供再生制动的组合制动力。这种控制可以最大限度地减少常规液压制动的动能损失, 并将这些动能转化为电能。

在 THS-II 系统中, 使用 THS-II 系统可以提高 Mg2 的输出功率和再生制动力。此外, 由于采用了 ECB 系统, 制动力得到了提高, 从而有效地增加了再生制动的使用范围。如图 1-5-11 所示, 这提高了系统恢复动力的能力, 从而提高了燃油经济性。

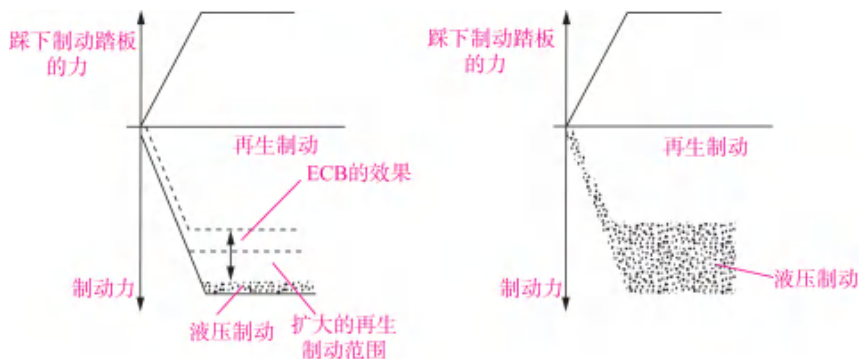


图 1-5-11 改善的再生制动

### 3. 制动能量回收系统

制动能量回收是电动汽车和混合动力汽车的重要技术之一，也是其重要特性。在普通内燃机车上，当车辆减速制动时，车辆的运动能量通过制动系统转化为热能并释放到大气中。在电动汽车和混合动力汽车中，废弃的运动能量可以通过制动能量回收技术转化为电能并储存在电池中，进而转化为驱动能量。例如，当车辆启动或加速时需要增加驱动力时，电机驱动力成为发动机的辅助动力，从而有效地利用电能。

制动能量回收系统车辆的仪表板，如图 1-5-12 所示。



图 1-5-12 制动能量回收系统车辆的仪表板

当混合动力汽车减速时，可以通过在发动机和发动机之间设置离合器来停止发动机的输出功率来解决。然而，制动能量回收还涉及混合动力汽车液压制动与制动能量回收之间复杂的平衡或状态优化协调控制。那么，为什么我们可以通过驱动电机来回收汽车的运动能量呢？一般来说，其原因是电机工作的逆过程是发电机的工作状态。

根据电学的基本理论，电机驱动的工作原理是左手法则，而电机发电的工作原理是右手法则。由于电动机的运行，线圈的电动势发生在阻碍磁通量变化的方向上。这个方向与使电动机旋转和流动的电流方向相反，称为反向电动势。逆电动势随转速的增加而增大。随着转速的增加，使电动机旋转的电流的流动阻力增大，达到一定转速后转速不增加。制动时，通过电机的电流被切断，相反产生反向电动势。这就是制动能量回收的原理，使电机起到发电机的作用。上述电机称为“电机发电机”。

然而，在实施制动能量回收制动时，如何处理常用制动？行车制动时，制动踏板行程（或强度）如何与制动能量回收系统协调？这是因为起制动能量回收作用的制动部分会导致常用制动制动力的降低。

对于常用制动，考虑到制动能量回收的作用，必须采取相应措施降低常用制动的制动力。当制动力减小时，制动踏板的踏板力要求对应于踏板行程。

重要的是制动踏板的功能仍然存在，无论制动能量是否得到回收。因此，开发了一种

称为行程模拟器的装置。

根据车辆运行状况，制动能量回收系统的能量回收具备不同的模式。

#### (1) 发动机关闭时滑行/制动状态下的能量回收模式

发动机熄火时处于惰行/制动状态的能量回收模式如图 1-5-12 所示。在滑行/制动状态下，当发动机关闭时，发动机和电机离合器打开，电机/发电机离合器关闭，能量仅通过电机/发电机回收。

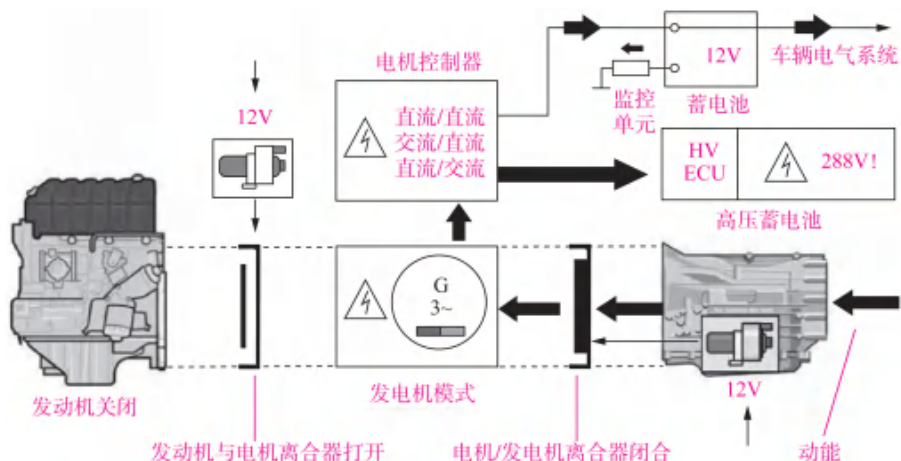


图 1-5-12 发动机关闭时滑行/制动状态下的能量回收模式

#### (2) 发动机倒拖时滑行/制动状态下的能量回收模式

发动机反拖时滑行/制动时的能量回收方式如图 1-5-13 所示。当发动机向后拉时，在滑行/制动状态下，发动机和马达离合器闭合，马达/发电机离合器闭合。除了通过电机/发电机回收能量外，部分能量还用于发动机制动（此时，发动机切断燃油供给）。

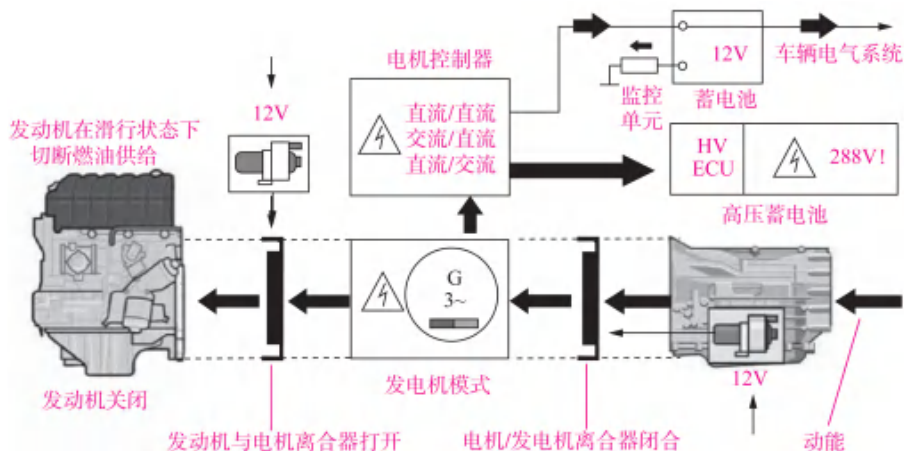


图 1-5-14 发动机倒拖时滑行/制动状态下的能量回收模式

## 任务六 电动转向系统



### 知识目标

了解转向系统的功用；  
掌握新能源汽车转向系统的组成及工作原理。



### 能力目标

能在新能源汽车上找到转向系统；  
能够说出转向系统中零部件的名称。



### 基础知识

现代汽车上配置的助力转向系统可以分为三类：

第一类：机械式液压助力转向系统。

第二类：电子液压助力转向系统。

第三类：电动助力转向系统（EPS）。

部分新能源汽车上采用电子液压助力转向系统，系统的工作不受有无发动机或发动机是否启动等因素的影响。电子液压助力转向系统取代了发动机驱动的液力转向泵，它是在机械式液压助力转向系统的基础上增设电动转向泵和电子控制装置。基本组成如图 1-6-1 所示。

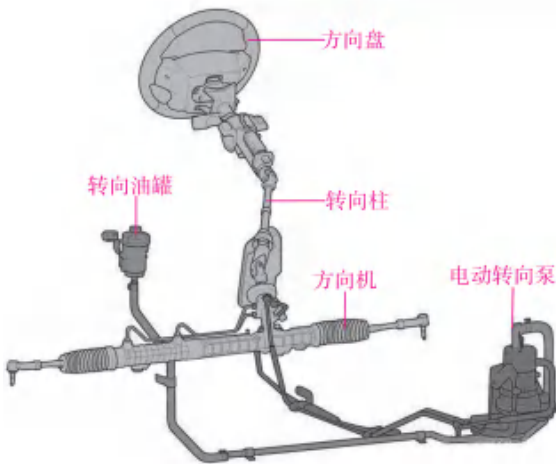


图 1-6-1 助力转向结构



在高速行驶时，电子液压助力转向系统为达到最大的节能效应，应通过减小转向角度与行驶速度相关的转向助力。电子液压助力转向系统保持了传统的机械式液压助力转向系统的优良性能，同时，这套系统还具备以下优点：

- ①相对来说更为舒适：车辆在规定速度范围内行驶时，方向盘转动十分轻松。
- ②节约燃料：能量的消耗量、输入量，不受发动机的工作状态的影响。

电动助力转向系统（EPS）在新能源汽车中也被普遍安装。电动助力转向系统（EPS）是一种直接依靠电动机提供辅助扭矩的动力转向系统，控制系统框图如图 1-6-2 所示。



图 1-6-2 转向控制系统原理

EPS 根据电动机布置位置不同可分为齿轮助力式、转向柱助力式和齿条助力方式三种：

①转向柱助力式：通过减速机构与转向轴相连，直接驱动转向轴助力转向且助力电动机固定在转向柱一侧，

②齿轮助力式：把减速机构和助力电动机与小齿轮相连，驱动齿轮直接进行助力转向。例如北汽 EV200 电动汽车。

③齿条助力式：助力电动机和减速机构直接通过驱动齿条提供助力。

不同类型的 EPS 基本原理是一样的，机体结构如图 1-6-3 所示，电动助力转向系统主要分为动力转向控制模块、动力转向电动机、扭矩传感器、动力转向减速机构和动力转向机总成五个模块。将扭矩传感器与转向轴（小齿轮轴）连接在一起，当转向轴开始转动时，则扭矩传感器开始工作，把输入轴和输出轴通过扭杆作用所产生的相对转动位移转换成电信号传给 ECU，ECU 再根据车速传感器和扭矩传感器所给的信号来决定电动机的助力电流和旋转方向的大小，来完成实时控制助力转向。所以它可以很容易地在车速不同时提供给电动机不同的助力效果，来保证汽车在低速行驶的时候轻便灵活，在高速行驶的时候稳定可靠。



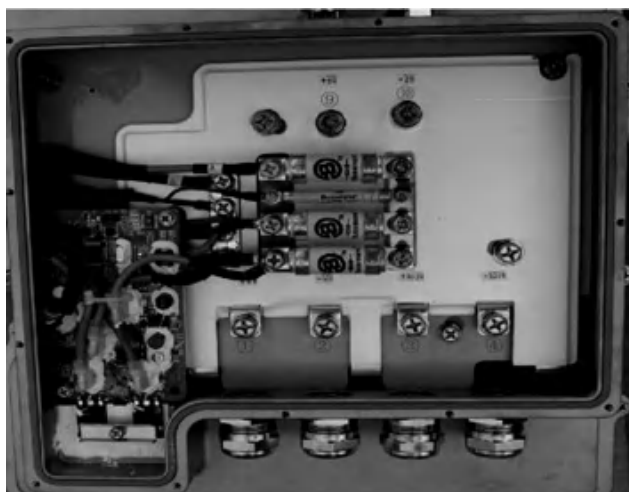
图 1-6-3 助力转向机结构图

## 课后习题

1. ABS 全称\_\_\_\_\_。
2. 纯电动汽车的供电系统由\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_等构成。
3. 电动汽车充电系统主要包括\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_及\_\_\_\_\_组成。
4. 简述充电插口的使用要求。
5. 以江淮电动车为例请完善指示灯状态所对应的功能。

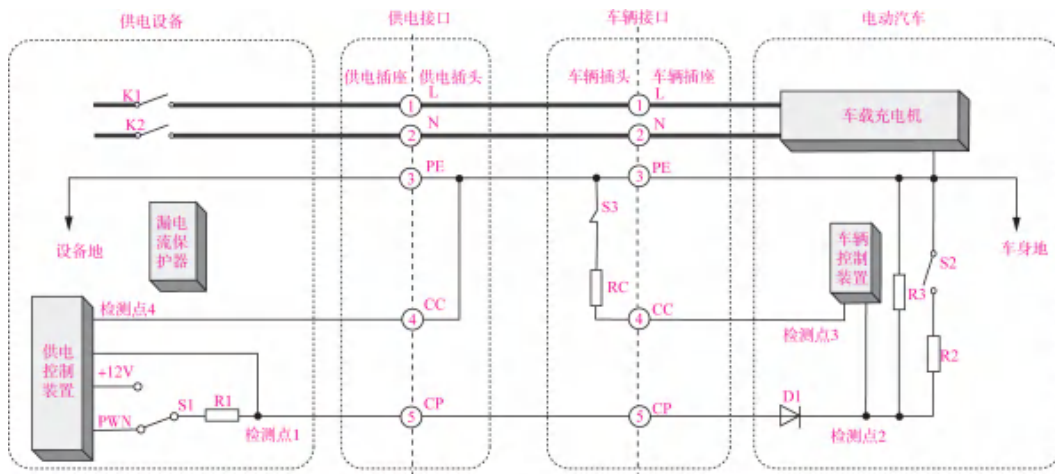
序号	功能	指示灯状态
1		黄灯亮
2		绿持续点亮
3		绿灯闪烁 持续时间约 1 分钟
4		熄灭
5		黄灯闪烁 持续时间约 1 分钟

5. 根据北汽 EV160 高压配电箱内部结构，补全名词。



1—\_\_\_\_\_； 2—\_\_\_\_\_； 3—\_\_\_\_\_； 4—\_\_\_\_\_； 5—\_\_\_\_\_；  
 6—\_\_\_\_\_； 7—\_\_\_\_\_； 8—\_\_\_\_\_； 9—\_\_\_\_\_； 10—\_\_\_\_\_；  
 11—\_\_\_\_\_；

7. 根据电路图简述充电过程。



8. 电机作为电动汽车的\_\_\_\_\_，可以实现非常低的排放或零排放。在电动汽车驱动和能量回收过程中，电机定子铁芯和定子绕组在运动过程中会产生损耗。这些损失将以\_\_\_\_\_的形式向外辐射。为了保证电机在\_\_\_\_\_系统中安全可靠地运行，需要有效的冷却介质和冷却方法来带走热量。\_\_\_\_\_的设计将直接影响电机的安全运行和使用寿命。

9. 分别叙述水冷和风冷的优缺点。