

项目 I



高压系统及其安全操作

◎ 情景导入

任务引入：小刘新买的新能源汽车无法上电，送进 4S 店后，维修人员表示车辆需要进行高压系统电路检修，并表示车辆在检修之前必须执行高压系统中止，且完成高压电禁用确认后才可以在执行维修，你知道如何操作吗？

引导问题：新能源的高压电是一直存在的吗？高压电如何接通与关闭？

问题分析：要完成以上任务必须掌握以下内容。

- (1) 高压系统包含哪些部件？
- (2) 意外触电如何紧急处理？
- (3) 高压系统的安全操作需要哪些工具？
- (4) 如何进行高压系统的安全操作(高压下电)？

接下来我们就通过知识储备完成以上 4 项内容的学习。

◎ 学习目标



知识目标：

- (1) 掌握纯电动车主要高压部件。
- (2) 掌握电动汽车高压系统的安全操作要点。



能力目标：

- (1) 能说出纯电动汽车高压系统的主要部件。
- (2) 会使用高压绝缘工具。
- (3) 能进行上、下电操作。

素质目标：

养成认真严谨、细致谨慎的职业素养。



知识储备



1.1 高压系统认知

高压系统
认知

随着环境问题的日益严峻,世界上各汽车生产大国都把目光投向了新能源汽车,越来越多的电动汽车被投入市场。2016年,全球新能源汽车的年销量约为77万辆,2022年已达到1044万辆,2023年,全球新能源汽车销量更是达到了1465.3万辆,同比增长35.4%。其中,仅我国新能源汽车销量便已达到惊人的949.5万辆,占全球销量的64.8%。随着市场上新能源汽车(特别是纯电动汽车)的占有量不断攀升,新能源汽车的维修与保养需求也开始急速增长,然而占据新能源汽车大部分的电动汽车的一个重要特点就是带有高压动力回路,其工作回路中的电压可在600V以上。因此,在考虑电动汽车给我们带来方便的同时,电动汽车的高压安全问题同样不容忽视,认识电动汽车的高压元器件便显得尤为重要。



1.1.1 新能源车与传统汽车的区别

新能源汽车是指采用非常规车用燃料作为动力源(或采用常规车用燃料和新型车用动力装置),集成了车辆动力控制和驱动等先进技术,具有先进技术原理、新技术和新结构的汽车。这包括混合动力汽车(HEV)、纯电动汽车(BEV)、燃料电池汽车(FCEV)、氢燃料汽车、燃气汽车、醇醚汽车等。

电动汽车是指以车载电源为动力,用电机驱动车轮行驶,符合道路交通、安全法规各项要求的车辆。

目前电动汽车的种类主要有纯电动汽车、混合动力汽车、燃料电池汽车3类,为简化研究,本书主要讨论对象为纯电动汽车。

纯电动汽车与传统汽车相比在组成上有较大差别,主要体现在动力系统、动力来源及动力控制系统上。

电动汽车动力系统由传统的发动机转换成了电机,动力来源由传统的汽油、柴油转换成了电池,而动力控制系统则由传统的发动机、变速器、车身控制、制动系等一系列控制系统转换为了电控系统。



1.1.2 电动汽车高压部件的组成

纯电动汽车高压部分的特点:高电压、大电流,通常配备400V左右的高压电,工作电流可在200A以上,随时会危及人身安全。电动汽车高压系统部件主要有高压配电箱、动力电池、驱动电机、电机控制器、电动压缩机、PTC加热器、车载充电机、充电口(快充座、慢充座)、控制单元等,如图1-1所示,需要特别说明的是,控制单元本身为低压,但它可以控制高压部分。此外,高压部分还包括将高压转换为低压的DC-DC转换器及负责断开高压电路的高压维修开关等。

纯电动汽
车高压系
统介绍

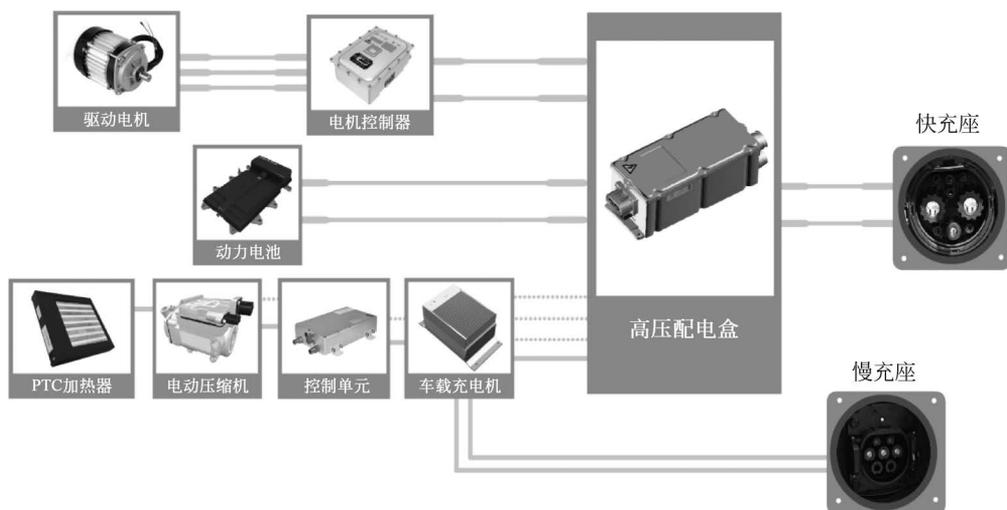


图 1-1 电动汽车高压系统部件

1. 高压配电箱

高压配电箱(图 1-2)主要是通过对接触器的控制将动力电池的高压直流电供给整车高压电器,同时接收车载充电机或非车载充电机的直流电给动力电池充电,此外,它还具有其他辅助检测功能,如电流检测、漏电检测等。



图 1-2 高压配电箱

1) 高压配电箱的作用

高压配电箱的作用如表 1-1 所示。

表 1-1 高压配电箱的作用

项目	功能	描述
1	高压直流输出(放电)	通过电池管理器控制预充接触器、主接触器等吸合,使放电回路导通,为电机控制器、空调负载等供电
2	车载充电器充电输入	通过电池管理器控制车载充电器吸合,使车载充电器充电回路导通,为动力电池充电



项目	功能	描述
3	电流采样	通过霍尔电流传感器采集动力电池正极母线中的电流,为电池管理器提供电流信号
4	高压互锁功能	通过低压信号确认整个高压系统盖子以及高压插接件是否已经完全连续,目前市场上的电动车一般会将其设计为3个相互独立的高压互锁系统:驱动系统(串联开盖检测)、充电系统、空调系统

2) 高压配电箱的分类

高压配电系统分为分体式高压配电系统(图 1-3)、集成式高压配电系统(图 1-4)和高度集成式高压配电系统(图 1-5)。



图 1-3 分体式高压配电系统



图 1-4 集成式高压配电系统



图 1-5 高度集成式高压配电系统

在分体式高压配电系统中,车载充电机模块、DC-DC 转换器模块、高压控制盒、电机控制器分别布置在机舱内。

在集成式高压配电系统中,车载充电机模块、DC-DC 转换器模块、高压控制盒集成在一个模块中,被称为 PDU(高压配电盒),而电机控制器单独布置。

在高度集成式高压系统中,车载充电机模块、DC-DC 转换器模块、高压控制盒、电机控制器集成在一个模块中,被称作 PEU(功率集成单元)。

3) 高压配电盒的组成

高压配电盒的组成部件主要是箱体、PTC(positive temperature coefficient) 控制面板、高压配电面板、熔断器和接触器等,分别连接快充、动力电池组件、电机控制器、整车控制器和高压辅助插件。图 1-6 所示为比亚迪 E6 高压配电盒结构组成,不同品牌、不同车型的高压配电盒组成略有不同。



比亚迪 E5
高压电控
总成组成

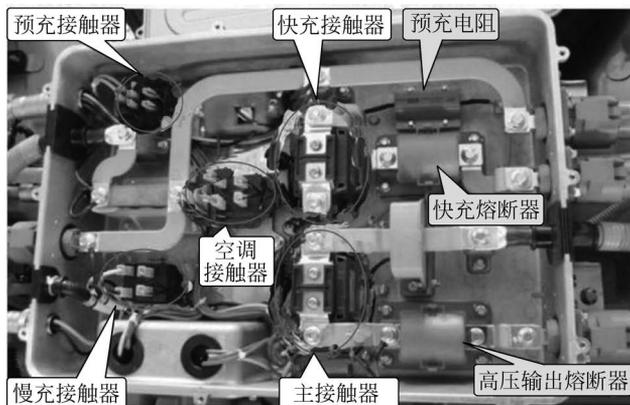


图 1-6 比亚迪 E6 高压配电盒的组成部件

4) 高压配电盒的工作原理

当车辆处于不同状态时,高压配电盒内各配电线路起到不同的作用,以下分 4 种状态介绍高压配电盒的工作原理(图 1-7)。

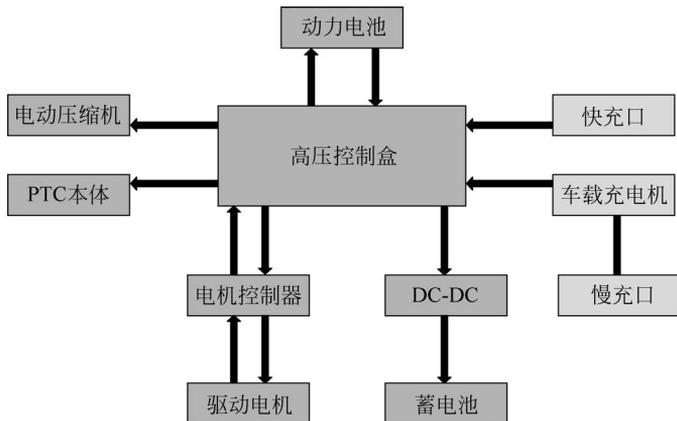


图 1-7 高压配电盒的工作原理

(1) 快充状态

将直流充电枪插入快充充电口,电池管理系统与直流充电桩进行信息交互及安全监测,闭合高压配电盒快充继电器以及动力电池继电器,将由直流充电桩转换的高压直流电经高压配电盒存储到动力电池。

(2) 慢充状态

将交流充电枪插入慢充电口后,电池管理系统将动力电池中的继电器闭合,经车载充电机转换的高压直流电经高压控制盒储存到动力电池。

(3) 驱动状态

当车辆处于驱动状态时,电池管理系统接收整车控制器的控制信号,将动力电池中储存的电能经高压配电盒分配到电机控制器,通过电机驱动车辆行驶。

(4) 能量回收状态

当车辆进行能量回收时,回收的电能通过高压配电盒储存到动力电池中,以增加整车续航里程。

2. 动力电池

动力电池(图 1-8)作为车载电源,靠周期性充电补充电能。动力电池是纯电动汽车的关键装备,其储电能力、质量和体积都能对纯电动汽车的性能起到决定性作用,是发展纯电动汽车的主要研究和开发对象。电池技术是纯电动汽车发展的瓶颈。

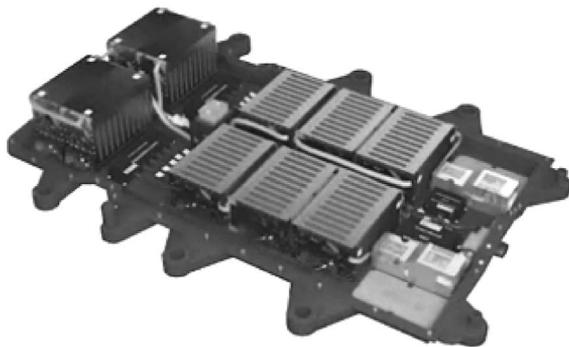


图 1-8 动力电池



动力电池是纯电动汽车中的能源供给装置,需要给整车所有系统提供能源,当电量消耗完毕后,可以通过对其进行充电完成储能。在结构上,动力电池由多个电池模组或单体电池串联而成,电压常为400V左右,输出电流可高达300A。

目前在纯电动汽车上用得最多的动力电池主要是锂电池,它由若干电池单体串、并联而成,给汽车提供足够的电压和电能,保证汽车能高效、持久的运行。

3. 驱动电机

驱动电机(图1-9)是车辆行驶的主要执行机构,其特性决定了车辆的主要性能指标,直接影响了车辆的动力性、经济性和用户驾乘感受,可向外输出扭矩,驱动汽车前进或后退,同时可以作为发电机发电(例如在高坡下滑、高速滑行以及刹车制动过程中把势能或者动能通过电机转换为电能存储)。其主要技术参数有额定功率、最大功率、调速范围等。

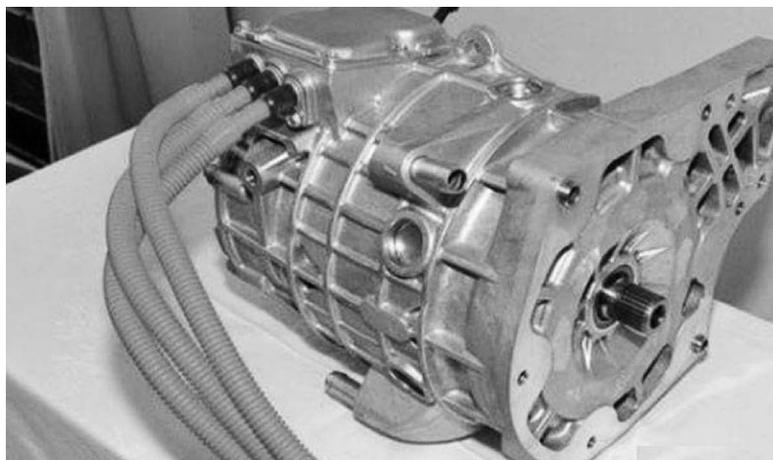


图1-9 驱动电机

4. 电机控制器

电机控制器(图1-10)有两个功能,一个是根据挡位、加速、制动等指令,将动力电池所输出的直流电转换为驱动电机所需的交流电,以控制车辆的运行速度、爬坡力度等;另一个是通信和保护,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。

5. 车载充电机

车载充电机(图1-11)是将交流电转换为高压直流电为动力电池进行充电的一种设备。车载充电机安装于电动汽车上,通过插头和电缆与交流插座连接,因此也可以称为交流充电机。车载充电机的优点是在蓄电池需要充电的任何时候,只要有可用的供电插座,就可以进行充电;缺点是功率处理能力有限,只能实现小电流慢充电,充电时间通常较长。



图 1-10 电机控制器



图 1-11 车载充电机

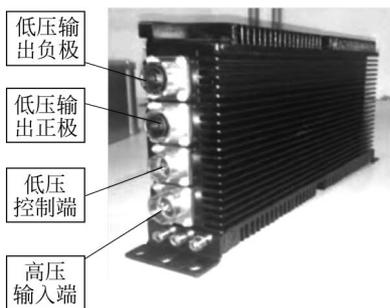


图 1-12 DC-DC 转换器

6. DC-DC 转换器

DC-DC 转换器(图 1-12)的主要作用为将动力电池的高压直流电转换为整车低压 12V 直流电, 并给整车低压用电系统供电、为低压蓄电池充电。相较于发电机,DC-DC 转换器具有效率高、体积小等特点。

7. 电动压缩机

电动压缩机是纯电动汽车空调系统(图 1-13)的主要组成部分之一。空调系统由纯电动汽车的动力电池提供能源,空调的电动压缩机通过高压电驱动、压缩做功,为新能源汽车制冷、采暖提供动力,相对传统空调系统,其工作效率更高,控制性能更好。

8. PTC 加热器

纯电动汽车一般将正温度系数热敏电阻元件作为发热源,对车内空气与由外部进入车内的新鲜空气进行加热,达到取暖和除湿的目的。此外,当环境温度较低时,可用 PTC 加热器(图 1-14)对动力电池进行预热。

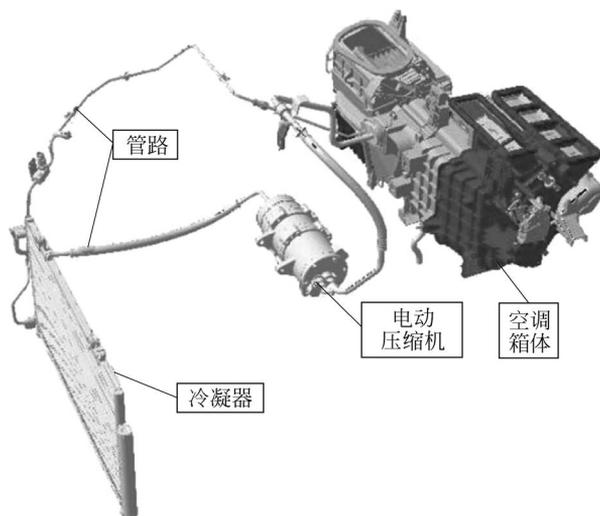


图 1-13 纯电动汽车的空调系统

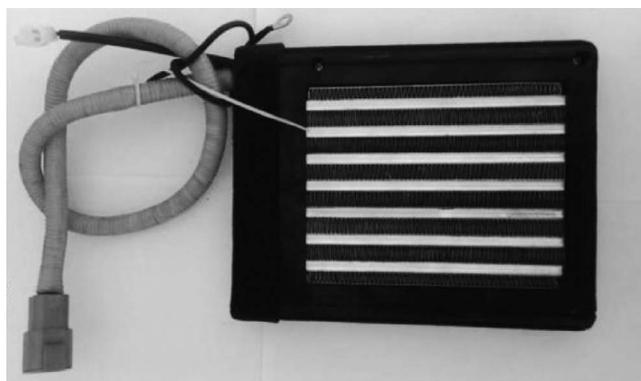


图 1-14 PTC 加热器

9. 高压维修开关

高压维修开关(图 1-15)可在车辆维修时用来切断动力电池高压输出,为维修人员提供安全的维修环境,起到安全保护的作用。以比亚迪 E6 为例,高压维修开关切断步骤如图 1-16 所示(注意在此之前需要关闭点火开关)。

10. 充电口

纯电动汽车的充电口是指用于连接活动电缆和纯电动汽车的充电部件,充电部件一般由充电插头、充电插座等组成,包括直流充电口(图 1-17)、交流充电口(图 1-18)两种类型。

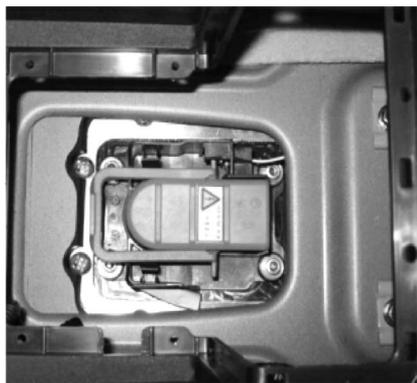


图 1-15 高压维修开关

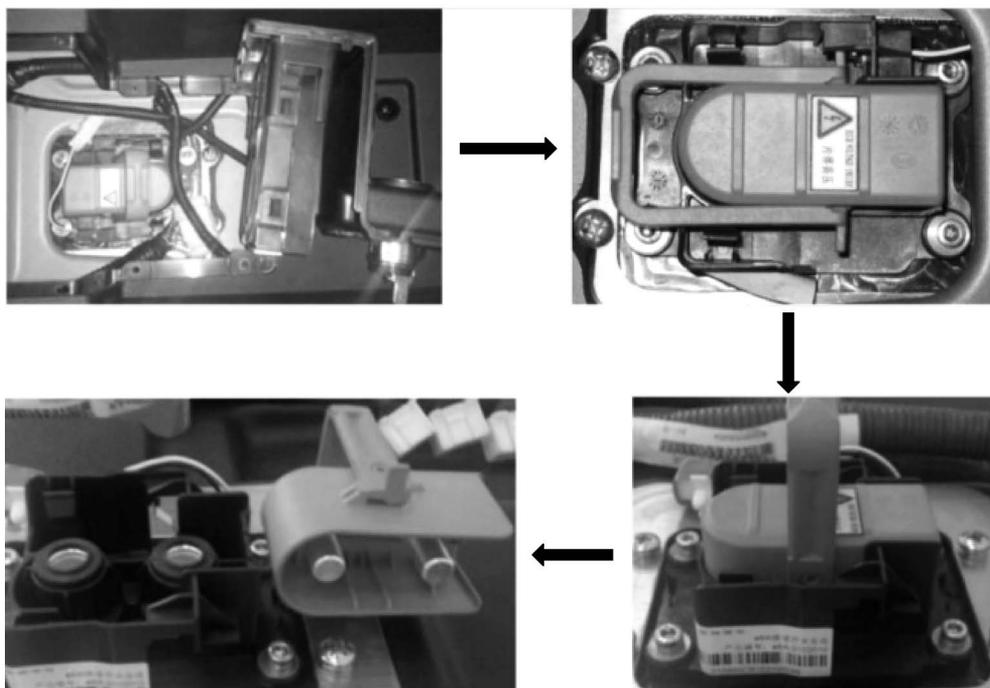


图 1-16 高压维修开关切断步骤

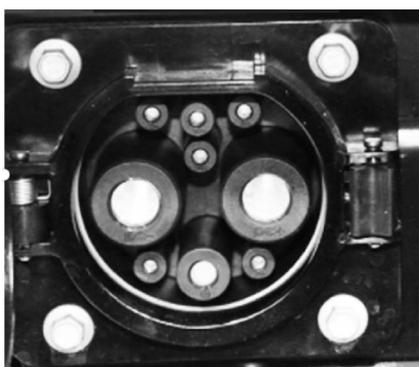


图 1-17 直流充电口

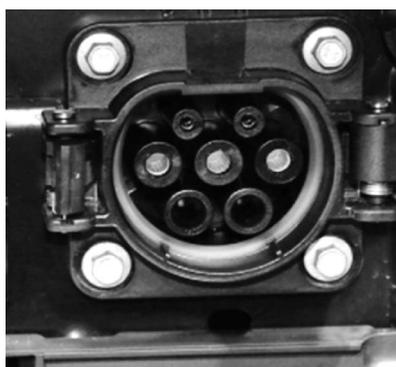


图 1-18 交流充电口



1.1.3 电动汽车高压部件的分布位置

电动汽车高压部件在整车的布置随车型的不同而略有差异,如图 1-19 所示为比亚迪 E6 高压部件的具体位置分布。

回顾与总结

通过本节的学习我们已经解决了本项目的第 1 个问题: 高压系统包含哪些部件? 接下来请同学们完成后续内容的学习,解决下一个问题: 意外触电如何紧急处理?