

免费提供

★★★精品教学资料包

服务热线: 400-615-1233
www.huatengzy.com

中等职业教育新能源汽车技术系列教材

书 名	主 编
汽车电路识图	葛昱麟
电动汽车充电桩安装与维护	胡克晓
新能源汽车使用与维护	徐 峰
电动汽车动力系统原理与维修	鲁建秋
新能源汽车充电系统检修	赵玉田 王江兰 胡克晓
新能源汽车电气系统检修	房宏威 胡克晓 祝政杰
新能源汽车整车控制技术	贺天柱 马占立 吴 喆
新能源汽车动力电池系统检修	胡克晓
新能源汽车驱动电机系统检修	贾燕红 冯 帆 胡克晓
新能源汽车销售实务	丁仰阳 刘云霞



ISBN 978-7-5612-8903-7

9 787561 289037 >

定价: 35.00元



新能源汽车电气系统检修

主 编 房宏威 胡克晓 祝政杰

西北工业大学出版社

中等职业教育新能源汽车技术系列教材

新能源汽车 电气系统检修

主编 房宏威 胡克晓 祝政杰

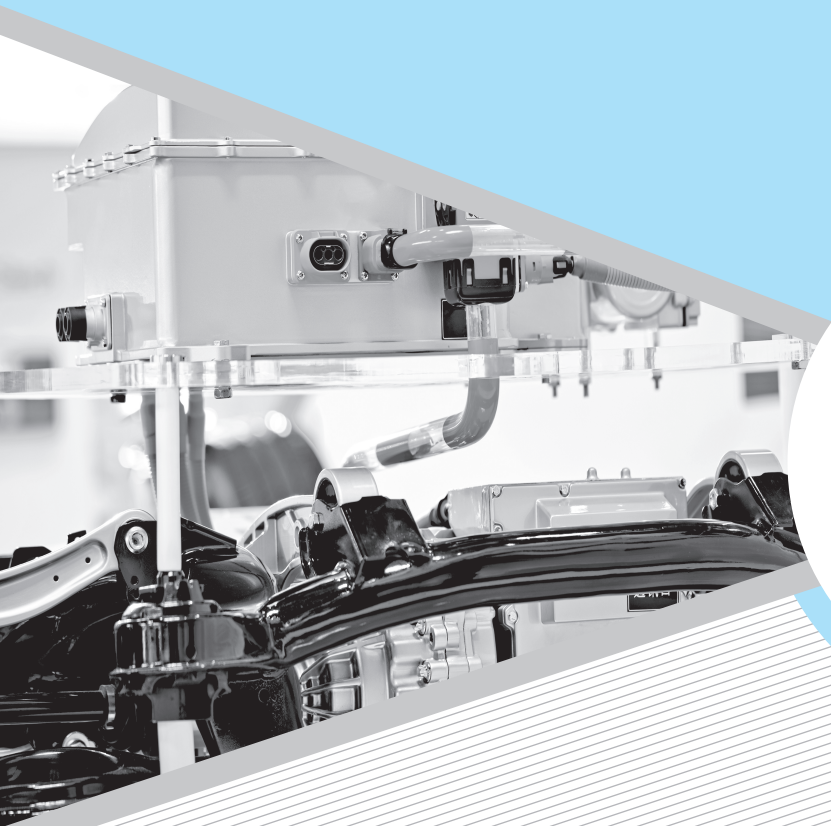


西北工业大学出版社

中等职业教育新能源汽车系列教材

新能源汽车 电气系统检修

主编 房宏威 胡克晓 祝政杰



西北工业大学出版社
西安

【内容简介】 本书以新能源汽车吉利帝豪 EV 系列为例,以全国职业院校技能大赛新能源汽车检测与维修赛项方案要求和新能源汽车检修岗位技能要求为核心,理论联系实际,文字简洁、图文并茂,系统地介绍了新能源汽车电源系统、新能源汽车充电系统、新能源汽车空调系统、新能源汽车电动助力转向系统及新能源汽车车载网络系统的工作原理与检修等内容。书中相关数据参数及电路图尽可能地采用原厂资料。

本书既可作为职业院校新能源汽车相关专业的教学用书,也可作为汽车维修技术人员和 4S 店工作人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

新能源汽车电气系统检修/房宏威,胡克晓,祝政杰主编. —西安:西北工业大学出版社,2023.8
ISBN 978-7-5612-8903-7

I. ①新… II. ①房… ②胡… ③祝… III. ①新能源汽车-电气系统-检修 IV. ①U472.41

中国国家版本馆 CIP 数据核字(2023)第 147504 号

XINNENGYUAN QICHE DIANQI XITONG JIANXIU

新能源汽车电气系统检修

房宏威 胡克晓 祝政杰 主编

责任编辑:曹江 王梦妮 装帧设计:黄燕美

责任校对:朱晓娟

出版发行:西北工业大学出版社

通信地址:西安市友谊西路 127 号 邮编:710072

电 话:(029)88491757, 88493844

网 址:www.nwpup.com

印刷者:大厂回族自治县聚鑫印刷有限责任公司

开 本:787 mm×1 092 mm 1/16

印 张:10.5

字 数:188 千字

版 次:2023 年 8 月第 1 版 2023 年 8 月第 1 次印刷

书 号:ISBN 978-7-5612-8903-7

定 价:35.00 元

如有印装问题请与出版社联系调换



随着我国新能源汽车技术的发展和推广应用,新能源汽车的数量急剧增加,社会对新能源汽车维修保养人才的需求也在不断攀升。为培养新能源汽车行业急需的技能型人才,笔者以新能源汽车科研、课程教学及丰富的技能大赛指导经验为基础,编写了本书。

本书以党的二十大精神为指导,遵循“以行业需求为导向,以能力形成为本位”的职业教育理念和“以工作过程为主线,以项目和任务驱动为主要形式”的职业教育课程开发思路,与“1+X”职业技能等级标准对接,突出“教中做、做中学、学中赛”的原则,把行业能力标准和大赛操作标准作为专业课程教学目标和评定标准,结合新能源汽车维修岗位的实际要求选取和设计内容。

全书共分5个学习项目,11个学习任务,主要包括新能源汽车电源系统的认知与检修、新能源汽车充电系统的认知与检修、新能源汽车空调系统的认知与检修、新能源汽车电动助力转向系统的认知与检修及新能源汽车车载网络系统的认知与检测等内容。学习项目和任务紧贴生产实际、技能大赛及“1+X”证书考核要求,高度提炼新能源汽车电气系统维修工作岗位核心知识与技能并重在应用。为便于理解和操作,本书采用了大量的图片与原厂维护保养数据资料,力求做到文字简洁、图文并茂、直观易懂,以帮助学生学习和实践。

本书由烟台汽车工程职业学院房宏威、祝政杰及山东技师学院胡克晓主编。其中,项目一由房宏威编写,项目二由房宏威、祝政杰编写,项目三由胡克晓编写,项目四由房宏威、胡克晓编写,项目五由祝政杰编写。

在本书的编写过程中,笔者参考了许多相关文献资料,在此对其作者一并表示感谢。

由于笔者水平有限,书中难免存在不足之处,恳请广大读者批评指正。

编 者

2023年1月



项目一 新能源汽车电源系统 1

- 任务一 新能源汽车电源系统认知 1
- 任务二 新能源汽车电源系统检修 17



项目二 新能源汽车充电系统 38

- 任务一 新能源汽车充电系统认知 38
- 任务二 新能源汽车充电系统检修 51



项目三 新能源汽车空调系统 64

- 任务一 新能源汽车空调系统认知 64
- 任务二 新能源汽车空调制冷系统检修 86
- 任务三 新能源汽车空调制热系统检修 96



项目四 新能源汽车电动助力转向系统 105

- 任务一 新能源汽车电动助力转向系统认知 105
- 任务二 新能源汽车电动助力转向系统检修 124



项目五 新能源汽车车载网络系统 135

- 任务一 新能源汽车车载网络系统认知 135
- 任务二 新能源汽车 CAN 总线故障诊断与检测 150



参考文献 161

项目一

新能源汽车电源系统



任务一 新能源汽车电源系统认知



图文
任务目标

案例引入

一辆吉利帝豪 EV, 保养提示灯亮, 须进行保养。作为汽车维修的专业人员, 你需要给客户讲解新能源汽车动力电池的相关知识。你能完成任务吗?

必备知识

一、新能源汽车电源系统概述

传统燃油汽车的电源是蓄电池和发电机, 发动机未起动或起动时由蓄电池供电, 起动以后则由发电机供电, 发电机同时为蓄电池充电。

新能源汽车的电源分为主电源和辅助电源。主电源是驱动汽车行驶的高压电源, 也就是动力电池; 辅助电源 (即辅助蓄电池——低压的铅蓄电池) 是为车载各种仪表、控制系统提供直流低压电的电源。新能源汽车电源模块是整个系统稳定运行的保障, 电源的可靠性对整个系统的性能起着至关重要的作用。

传统燃油汽车的交流发电机利用发动机的旋转发电, 发出的电提供给用电器并为蓄电池充电。混合动力汽车及电动汽车采用 DC/DC (直流/直流) 变换器之后, 可省去交流发电机。电动汽车的动力电池容量很大。因此, 以动力电池为电源, 能够利用 DC/DC 变换器为低压蓄电池充电。吉利帝豪 EV 的 DC/DC 模



块(包含 DC/DC 变换器)集成在电力电子集成模块(Power Electronic Unit, PEU)之内,其位置如图 1-1 所示。

当传统燃油汽车发动机转速低时,如果同时使用空调、音响及车灯等,有时蓄电池的电量会用尽,即使发动机仍在运行,在有些条件(如用电器全开)下也会出现电力不足的现象。而混合动力汽车和电动汽车使用动力电池和 DC/DC 变换器,就不存在这种情况。

新能源汽车的辅助蓄电池能在短时间内向空调、刮水器及车灯等释放大电流。如果省去辅助蓄电池而将动力电池的电力用于空调及刮水器等,DC/DC 变换器的尺寸势必增大,从而使汽车整体成本增加。而辅助蓄电池价格便宜,因此,如果将辅助蓄电池取消,就没有成本上的优势。

辅助蓄电池具有供电的冗余度。当 DC/DC 变换器出现故障停止供电时,如果没有辅助蓄电池,辅助类电器就会立即停止运行,如夜间车灯不亮,雨天刮水器不工作等,这会影响驾驶安全。如果有辅助蓄电池,便能够将汽车开到附近的维修点。

DC/DC 变换器为辅助蓄电池充电如图 1-2 所示。

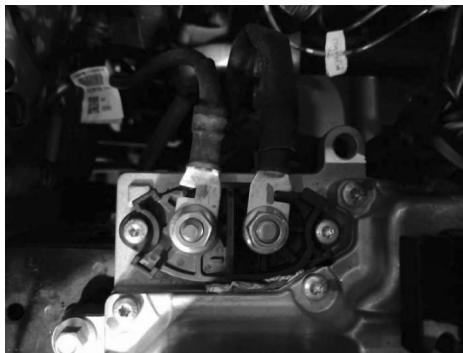


图 1-1 DC/DC 模块在车上的位置

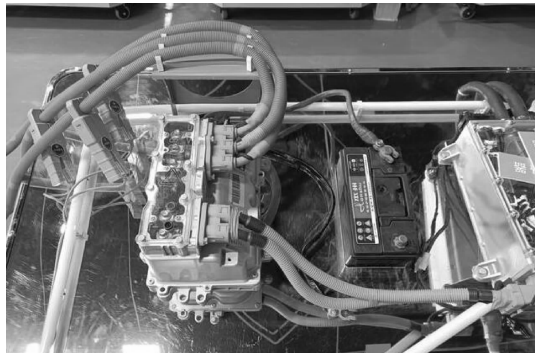


图 1-2 DC/DC 变换器为辅助蓄电池充电

二、新能源汽车辅助蓄电池的特点

无论是传统汽车、混合动力汽车还是纯电动汽车,都离不开蓄电池。蓄电池是将化学能直接转化成电能的装置,并且可以通过可逆的化学反应实现再充电。蓄电池已有 100 多年的历史,广泛用作内燃机汽车的起动动力电源。蓄电池也是成熟的电动汽车动力电源,它可靠性高、原材料易得、价格便宜,比功率也基本上能满足电动汽车的动力性要求。但蓄电池有两大缺点:一是比能量低,质量和体

积太大,且一次充电行驶里程较短;二是使用寿命短,使用成本高。以常见的铅酸电池为例,它采用填满海绵状铅的铅基板栅(又称格子体)作负极,填满二氧化铅的铅基板栅作正极,用密度为 $1.26\sim 1.33\text{ g/mL}$ 的稀硫酸做电解液。铅酸电池在放电时,负极发生氧化反应,生成硫酸铅,正极发生还原反应,也生成硫酸铅。铅酸电池能反复充电、放电,用直流电充电时,两极分别生成金属铅和二氧化铅。常见蓄电池的单体电池电压是 2 V ,可以由一个或多个单体构成电池组。例如,汽车上用的蓄电池(俗称电瓶)是由 6 个单体铅酸电池串联成的 12 V 的电池组,如图 1-3 所示。

常用的 12 V 蓄电池主要分为 4 类,分别为普通蓄电池、干荷蓄电池、湿荷蓄电池和免维护蓄电池,目前汽车上使用的基本上是免维护蓄电池。



图 1-3 12 V 的电池组

对于新能源汽车,特别是纯电动汽车, 12 V 蓄电池不需要给起动机提供起动时的大电流,因而其容量变小,外部结构和类型 also 与传统汽车有所区别。图 1-4 所示为吉利帝豪 EV 的 12 V 蓄电池,与传统汽车用的蓄电池相比,其主要区别如下。

(1)用于发动机的起动正极与其他用电器的供电正极分开了。

(2)蓄电池内部具有电池管理系统(Battery Management System, BMS),该模块对蓄电池进行智能控制。例如,当蓄电池电压低时, BMS 关闭多媒体系统的电源。

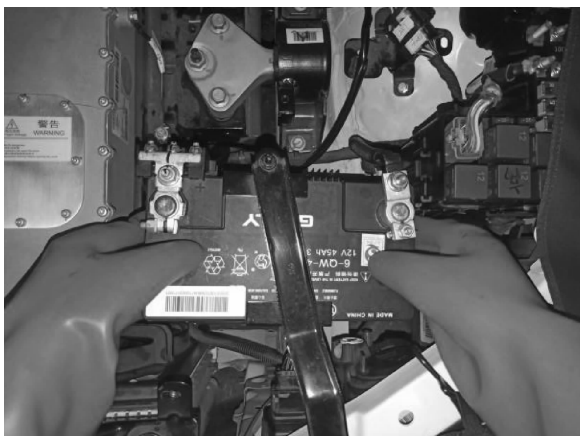


图 1-4 吉利帝豪 EV 的 12 V 蓄电池

三、电动汽车动力电池的发展现状和趋势

目前,电动汽车动力电池有铅酸电池、镍金属电池、锂离子电池、超级电容、燃料电池等类型。其中铅酸电池是最为成熟的动力电池,它具有成本低廉、支持大电流放电、安全性高的优点。但其比能量较低,无法满足电动汽车续航里程的需要,所以主要用于混合动力汽车中。目前,混合动力汽车已普遍存在于人们的日常生活中。在我国的东部、中部地区的城镇中,混合动力公交汽车已基本取代传统的燃油公交汽车,汽车的生产、私家车的运行也日渐以混合动力汽车为主。混合动力汽车已真正实现了产业化生产,铅酸电池在汽车领域中的应用也日渐成熟。但是,混合动力汽车并未摆脱对石油的依赖,对环境依旧有一定的污染。

纯电动汽车的动力完全由电池提供,它摆脱了对石油的依赖,极大地节省了能源,减少了对环境的污染,具有很好的发展前景,是目前世界各国致力于研究投产的新能源汽车。纯电动汽车的动力电池主要有镍氢电池、锂离子电池和超级电容。由于现有的镍氢电池存在单体电压低、自放电率高、对环境温度敏感等不足,所以还需进一步研究、改进。锂离子电池是目前可充电电池中综合性能较优的一种,它具有比容量大、质量轻、性能稳定等优点,十分适合作为动力装置,以构建轻巧灵活的纯电动汽车。超级电容的最大优点是满足纯电动车辆加速与制动时快速提供能量的要求。超级电容动力强劲,放电电流大,使用寿命长,其使用前景非常广阔。

燃料电池电动汽车以氢气作为燃料,氢气与氧气反应时能释放大量的能量且反应生成物为水,具有效率高、零排放、燃料补充速度快等优点,因此,燃料电池电动汽车将成为未来汽车的主流。但就燃料电池而言,氢气的制备与储存还存在很多问题,燃料电池的制备价格极高,电池与整车的技术还在研究阶段,所以燃料电池及其相关技术还有待进一步研究。

四、电动汽车对动力电池性能的要求

动力电池作为电动汽车的能量来源,其性能直接关乎电动汽车的续航里程、加速性能、爬坡能力及安全性能等,所以动力电池的选择必须满足高比能量、高比功率、安全可靠、使用寿命长、充电技术成熟及价格合适等要求。



1. 高比能量

比能量是指单位质量或体积的电池能够存储和释放的电量,其单位为 $\text{W} \cdot \text{h}/\text{kg}$ 或 $\text{W} \cdot \text{h}/\text{L}$ 。存储相同的电量,高比能量的电池的质量和体积越小越好。在固定质量和体积的情况下,采用高比能量的电池,电动汽车可以携带更多的电池,具有更高的电量。

2. 高比功率

比功率是指单位质量或体积的电池存储或放出的功率,其单位为 kW/kg 或 kW/L 。比功率的高低决定着电动汽车的动力性能,对汽车车速及爬坡能力都有很大的影响。

3. 安全可靠

安全可靠是电动汽车对动力电池的基本要求,安全可靠地使用电池直接关系到驾乘人员的人身安全。因此,动力电池在出厂前要经过安全测试,即使在温度过高、剧烈碰撞等情况下也不会发生爆炸。另外,废弃的电池要能够回收利用,防止重金属、电解质溶解等对环境造成污染。

4. 使用寿命长

电池的使用寿命直接关系着电动汽车的应用及市场化程度,如果使用寿命太短,将无法适应电动汽车的发展。目前,动力电池的循环寿命要求不少于 1 000 次,在此使用期间内,不需要进行维护。

5. 充电技术成熟

电动汽车的发展使得快速充电成了必然,动力电池除了能进行常规充电外,还要具有快速充电的能力,以适应人们当前的快节奏生活。一般电动汽车要求 6 h 左右能充满电;当快速充电时,20 min 即可充满 50% 的电量。

6. 价格合适

电动汽车一般需要几百节电池,如果动力电池的价格过于昂贵,将使得电动汽车的价格大幅提升,影响电动汽车的市场份额。目前,锂离子电池的价格仍然比较昂贵,不利于电动汽车的市场化发展。不过随着科学技术的快速发展,锂离子电池的工艺会越来越成熟,市场规模会逐渐扩大,价格也会逐渐降低。

五、电动汽车常用动力电池的种类

电动汽车常用的动力电池主要有铅酸电池、镍金属电池、锂离子电池等。



1. 铅酸电池

铅酸电池是一种电化学储能电池,是性能比较成熟的电动汽车动力电池。铅酸电池通过两个电极的化学反应来存储能量,正极采用二氧化铅,负极采用海绵状铅,电解液采用稀硫酸溶液,单体电池电压为 2 V。铅酸电池具有安全性能好、成本低的优点,但其质量大、容量小、含有重金属铅,容易对环境造成污染。

为了不被其他电池所取代,铅酸电池朝着胶体电池方向发展,即向硫酸中添加胶凝剂,使硫酸电解质由液态变为胶态,这样电池使用起来更加方便、安全。现在电动汽车上应用最多的铅酸电池就是密闭性铅酸胶体电池。

2. 镍金属电池

电动汽车所使用的镍金属电池有镍镉电池、镍氢电池两种,两种电池皆是储能的碱性蓄电池,单体电池电压为 1.2 V,且电池正极皆为氢氧化镍。镍镉电池的负极为金属镉,电解质为氢氧化钠溶液,单体电池电压较低,具有比能量高、质量轻、使用寿命长的特点,能够进行深度放电。但是,金属镉具有毒性,容易对环境造成污染,所以多数国家已经禁止使用此类电池。

镍氢电池的负极是储氢合金,电解质为氢氧化钾溶液。与镍镉电池相比,镍氢电池没有环境污染的问题,质量更轻,使用寿命也更长,能多存储约 30% 的电量,并能够承受一定程度的过充电和过放电,也可进行快速充电。但是,镍氢电池的成本较高,电池之间的不一致性较难控制,这些不足使得镍氢电池的使用受到了很大的限制。

3. 锂离子电池

锂离子电池也是一种储能电池,具有能量密度大、自放电率小、平均输出电压高、无记忆效应、使用寿命长、工作温度范围宽、绿色环保等优点,单体电池电压更是达到 3 V 以上,因此在许多方面都有应用,更被广泛应用于电动汽车上。相同质量的电池组,电动汽车可以携带数量更多的锂离子电池,使其拥有更大的容量,可以行驶更远的里程。但是锂离子电池也存在一定的缺陷,其生产成本低,材料的稳定性较差,使用时需要合理管理,以防安全事故的发生。

通过以上的分析比较可以看出,锂离子电池的性能较优越,最符合电动汽车的动力需求。锂离子电池种类众多,最具代表性的是磷酸铁锂电池,其性能优越、安全性高、成本较低,是目前较为理想的动力电池。



六、吉利帝豪 EV 动力电池系统简介

吉利帝豪 EV 的动力电池是三元锂电池,单体电池额定电压为 3.7 V,整个电池及管理系统均封装在电池箱体内,内部包含连接器、电池控制总成、电池管理系统等。

1. 动力电池的组成部分

三元锂电池以钴酸锂、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。动力电池控制总成安装在车体下部,其组成部分包括电池组、单体电池监控电路(Cell Supervision Circuit,CSC,通称 CSC 采集系统)、电池管理单元(Battery Management Unit,BMU)、电池高压分配单元、维修开关等。

(1)单体电池。单体电池(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。

(2)电池组。电池组是将一个以上单体电池按照串联、并联或混联方式组合,且只有一对正负极输出端子,作为电源使用的组合体。

(3)CSC 采集系统。每一个电池单元有多个 CSC 采集系统,以监测其中每个单体电池或电池组的单体电压、温度信息。CSC 采集系统将相关信息上报电池管理单元,并根据管理控制单元的指令执行单体电压均衡命令。

(4)电池管理单元。电池管理单元安装于动力电池控制总成内部,是电池管理系统的核心部件。电池管理单元将单体电压、电流、温度及整车高压绝缘等信息上报整车控制器,并根据整车控制器的指令完成对动力电池的控制。

(5)电池高压分配单元。电池高压分配单元安装在动力电池控制总成的正负极输出端,由高压正极继电器、高压负极继电器、预充电继电器、电流传感器和预充电电阻等组成。

(6)维修开关。维修开关位于动力电池控制总成中间表面位置,打开驾驶室内手套箱开关,可操作维修开关。在高压零部件检查和维护前,断开维修开关可以确保切断高压电。

吉利帝豪 EV 的电池包由 17 个电池组串联而成,具体电池箱内的电池分布分为两部分:一部分 1P5S(1 并 5 串模式)的电池组共 7 个,共计 35 个单体电池,每个单体电池的规格为 440 mm×158 mm×105 mm;另一部分 1P6S(1 并 6 串模



式)的电池组共 10 个,共计 60 个单体电池,每个单体电池的规格为 $521\text{ mm}\times 152\text{ mm}\times 107\text{ mm}$ 。电池管理系统在电池箱内部将这两部分隔开,车身标注电池包额定电压为 346 V ,理论计算值为 $(3.7\times 5\times 7+3.7\times 6\times 10)\text{ V}=351.5\text{ V}$,车身标注的额定电池包电压小于理论计算所得电池包电压。

电池包和电池组的外观分别如图 1-5 和图 1-6 所示。

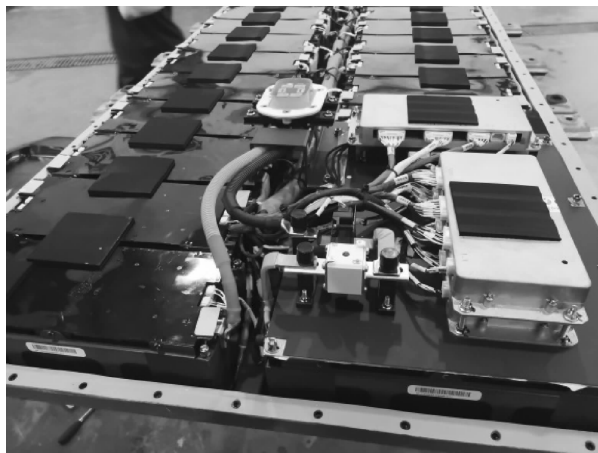


图 1-5 电池包的外观



图 1-6 电池组的外观

连接器包含主正和主负接口,2 个快充接口和低压接口等。在电池断路单元(Battery Disconnect Unit,BDU)内部,包含 5 个继电器,2 个预充电电阻,位于主正接口和快充接口上。连接器、BDU 的外观分别如图 1-7 和图 1-8 所示。



图 1-7 连接器的外观

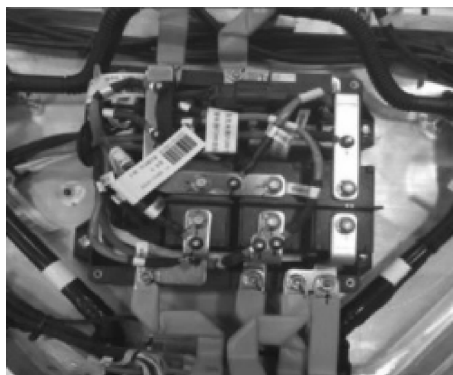


图 1-8 BDU 的外观

2. 电池管理系统的组成

电池管理系统(BMS)的主要功能是智能化管理及维护各个电池单元,防止电池出现过充电和过放电,延长电池的使用寿命,监控电池的状态。电池管理系统主要包含信号采集模块、电池保护电路模块和均衡电路模块。

(1)信号采集模块。信号采集模块主要用于对电池组电压、充电电流、放电电流、单体电压、电池温度等参数进行采集。

(2)电池保护电路模块。电池保护电路模块通常是采用软件控制一些外部元件来实现其功能。例如,通过信号控制继电器的通断来允许或禁止充放电设备工作或电池工作,以实现对电池的保护。

(3)均衡电路模块。均衡电路模块主要用于对电池组电压进行采集。目前均衡主要有主动均衡和被动均衡两种方式,也称为无损均衡和有损均衡。

3. 电池管理系统的主要功能

(1)电池工作状态监控。电池工作状态监控主要指在电池的工作过程中,对电池的电压、温度、工作电流、电量等一系列电池相关参数进行实时监测和计算,并根据这些参数判断电池的状态,以便进行相应的操作,防止电池的过充电或过放电。

(2)电池充放电管理。电池充放电管理是在电池充电或放电的过程中,根据环境状态、电池状态等相关参数对电池的充电或放电进行管理,设置电池的最佳充电或放电曲线(如充电电流、充电上限电压、放电下限电压等)。

(3)单体电池间均衡。单体电池间均衡即为单体电池均衡充电,使电池组中各个电池都达到均衡一致的状态。均衡器是电池管理系统的核心部件,但目前



国内在这方面的技术还不成熟。

吉利帝豪 EV 电池管理系统电路和位置如图 1-9 和图 1-10 所示。

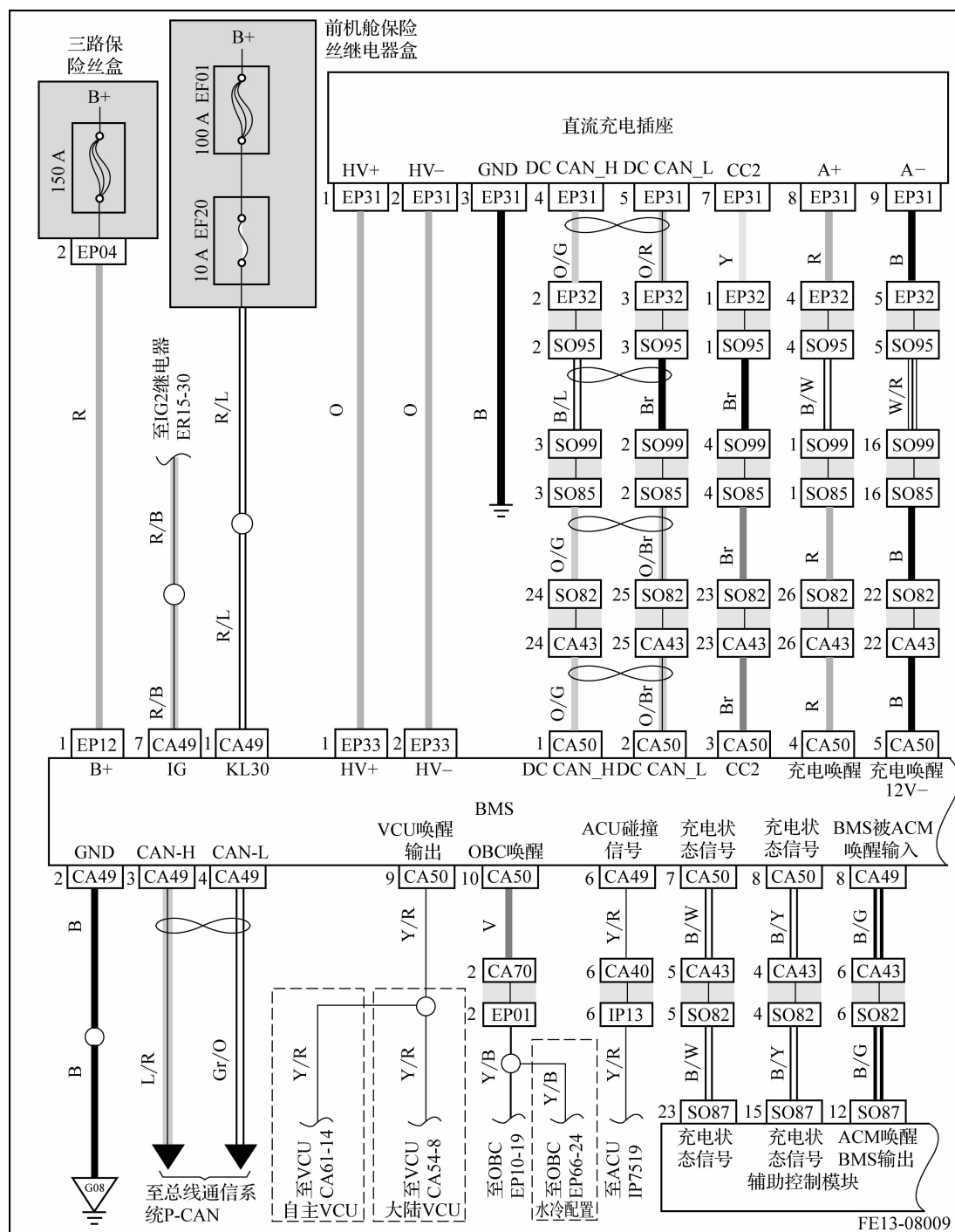


图 1-9 吉利帝豪 EV 电池管理系统电路



图 1-10 吉利帝豪 EV 电池管理系统位置



任务实施

1. 实训器材

2. 作业准备

3. 操作步骤

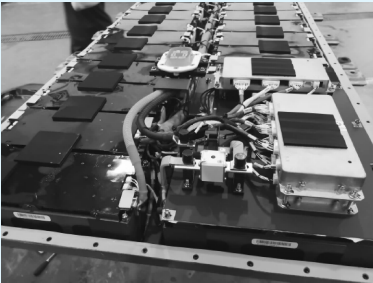
根据任务要求,每 6 人 1 组。每组选出 1 名组长,组长对小组成员进行任务分配。以小组为单位,根据任务要求,完成以下相关操作。

- (1)结合所学内容,分析新能源汽车电源系统的组成及类型特点。
- (2)结合所学内容,分析吉利帝豪 EV 动力电池系统的特点。



项目一任务一的工作任务单见表 1-1。

表 1-1 项目一任务一的工作任务单

新能源汽车电源系统认知		班级：	
		姓名：	
序号	图示	名称	特点
1			
2			
3			
分析吉利帝豪 EV 动力电池系统的特点			

4. 任务评价

项目一任务一的任务评价见表 1-2。

表 1-2 项目一任务一的任务评价

序号	检查项目	自我评价	小组评价	教师评价	备注
1	分析新能源汽车电源系统的组成及类型特点(20 分)				
2	分析吉利帝豪 EV 动力电池系统的特点(20 分)				
3	课堂测评(20 分)				
4	遵守纪律(10 分)				
5	做好 6S 管理工作(10 分)				
6	完成工作任务单的全部内容(20 分)				
合计					

知识拓展

一、磷酸铁锂电池的优缺点

磷酸铁锂电池是一种高能电池,已成为电动汽车常用的动力电源,其优缺点如下。

1. 优点

(1)容量大。磷酸铁锂电池的容量比其他电池的容量要大得多。

(2)质量轻。磷酸铁锂电池与其他电池相比体积更小,质量更轻。对于空间固定的电动汽车,磷酸铁锂电池可以增加电池的使用数量,使电动汽车携带更多的能量,同时又能减轻电动汽车自身的质量。

(3)使用寿命较长。磷酸铁锂电池的充放电循环数能达到 2 000 次以上,使用寿命为 7~8 年。

(4)工作温度范围宽。磷酸铁锂电池可以在-20~75 ℃环境下使用,且能耐高温,可达 350~500 ℃。

(5)能快速充电。对于磷酸铁锂电池,标准充电需要大约 5 h,使用专用充电

机以 1.5 C 的电流充电, 20 min 即可充到额定容量的 50% 。

(6) 自放电率低, 无记忆效应。磷酸铁锂电池常温下储存 1 个月后的自放电率仅为 2% 左右, 且可以随时进行充放电。

(7) 绿色环保。磷酸铁锂电池不存在有毒物质, 不会对环境造成污染, 原材料来源广泛, 价格便宜。

(8) 安全性能好。磷酸铁锂电池的生产都经过严格的安全测试, 发生交通事故时也不会出现爆炸的情况。

2. 缺点

(1) 一致性差。磷酸铁锂电池的制作是一个复杂的化学反应过程, 需要调配多种物质的反应, 容易受温度影响, 某一物质稍有不足, 就会导致电池之间的不一致。

(2) 电池组使用寿命短。单体磷酸铁锂电池的使用寿命长, 但是磷酸铁锂电池组的使用寿命较短。这是单体电池之间的不一致性导致的, 其使用寿命一般为 500 次左右。

(3) 低温性能差。磷酸铁锂电池在低温下放电电流较小, 放电截止电压低, 设备起动困难。低温性能差是限制其应用的一个重要因素。

(4) 正极的振实密度低。磷酸铁锂电池的振实密度和压实密度很低, 这导致其能量密度较低, 体积比其他锂离子电池大。

(5) 导电性能差。磷酸铁锂电池的锂离子扩散速度较慢, 高倍率充放电时, 充放电电量会比实际容量小。

二、动力电池的常用性能指标

1. 理论容量

理论容量是把电池基板上的活性物质的质量按法拉第定律计算得到的最高理论容量值。同样尺寸的极板, 因为采用的活性物质不同, 所以最大的理论容量不同; 同样的活性物质, 极板尺寸越大, 活性物质越多, 理论容量越大。

2. 实际容量

实际容量是电池在一定条件下所能输出的电量, 其值小于理论容量, 用放电电流与放电时间的乘积表示, 单位为安时 ($\text{A} \cdot \text{h}$) 或毫安时 ($\text{mA} \cdot \text{h}$)。

3. 额定容量

额定容量也称保证容量, 是按国家或有关部门颁布的标准, 保证电池在一定的放电条件下, 稳定工作放出的最低限度的容量。



4. 电池内阻

电流通过电池内部时受到阻力,使电池的输出电压降低,此阻力称为电池内阻。电池内阻不是常数,在放电过程中随时间不断变化,这是因为电池中活性物质的组成、电解液浓度和温度都在不断地改变。

5. 充电上限电压

充电上限电压是电池充电时电压上升到不宜继续充电的最高工作电压。

6. 放电下限电压

放电下限电压是电池放电时电压下降到不宜继续放电的最低工作电压。

7. 开路电压

电池不放电时,电池两极之间的电位差称为开路电压。

8. 工作电压

工作电压指电池接通负载后在放电过程中显示的电压,又称放电电压。电池放电初始的电压称为初始电压。随着在工作过程中的使用,工作电压也会逐渐降低,一直降到放电下限电压时,电池就不要继续使用了,应尽快充电。

三、废旧动力电池的运输要求

(1)动力电池报废后要根据其种类,用符合国家标准的专门容器分类收集运输。

(2)储存、装运动力电池的容器应根据动力电池的特性设计,应不易破损、变形,其所用材料能有效防止渗漏、扩散。

(3)装有废旧动力电池的容器必须贴有国家标准所要求的分类标识。

(4)在废旧动力电池包装运输前和运输过程中应保证其结构完整,不得将废旧动力电池破碎、粉碎,以防止电池中有害成分泄漏造成污染。

四、废旧动力电池的储存要求

(1)禁止将废旧动力电池堆放在露天场地,避免其遭受雨淋、水浸。

(2)储存批量废旧锂离子电池所用容器应确保满足电池储存要求,保证废弃锂离子电池的外壳完整,排除对环境造成的不利影响,建立安全管理和出现危险时的应急机制。

(3)废旧动力电池应储存于通风良好的干净环境中。



- (4)不可放置于阳光直晒区域。
- (5)必须远离可使电池系统外部升温 60 ℃ 及以上的热源。
- (6)必须平放于包装箱内。
- (7)勿摔落电池系统,避免表面撞击。

五、锂离子电池的污染防治

- (1)锂离子电池的收集、运输、拆解、再生冶炼等活动要严格遵守相关规定。
- (2)锂离子电池应当进行回收利用,禁止用其他办法进行处置。
- (3)废旧锂离子电池应当按照危险废旧物进行管理。
- (4)锂离子电池在收集、运输过程中应当保持其外壳的完整,防止发生液体泄漏而对环境造成污染。

课后练习

1. 填空题

- (1)新能源汽车的电源分为_____和_____。
- (2)电动汽车动力电池主要由_____,_____,_____,_____和_____ 5 部分组成。

2. 判断题

- (1)纯电动汽车采用动力电池供电,纯电动汽车的仪表、控制系统也使用动力电池。 ()
- (2)均衡电路模块主要用于对电池组单体电压的采集,并进行单体间的均衡充电,使电池组中各电池达到均衡一致的状态。 ()
- (3)信号采集模块主要用于对电池组电压、充电电流、放电电流、单体电压、电池温度等参数进行采集。 ()

3. 选择题

动力电池系统的功用主要是()和控制充放电、控制预充电、系统自检等。

- A. 为车辆行驶提供动力
- B. 检测计算电量
- C. 检测温度、电压、湿度
- D. 检测漏电



任务二 新能源汽车电源系统检修

图文
任务目标

案例引入

一辆吉利帝豪 EV 进厂报修时,动力电池无法上电,要求服务站进行检修。作为汽车维修的专业人员,你需要给汽车排除故障,解决问题,使客户满意。你能完成任务吗?

必备知识

一、动力电池系统安全指南

- (1)非专业维修人员绝对不要自行拆卸、调整、安装动力电池系统。
- (2)不要触摸动力电池系统的正负极母线。
- (3)由于动力电池系统安装在汽车底部,所以驾驶过程中应注意路面状况,不要让不平的路面或路面障碍物挤压、撞击电池包。
- (4)由于电池包质量较大,不要使用扳手或其他工具松动动力电池系统紧固螺钉。

动力电池实物照片如图 1-11 所示。



图 1-11 动力电池实物照片

二、故障分级

根据对整车的影响,将故障划分为三个等级。





1. 一级故障(非常严重)

电池管理系统上报该故障一段时间后,整车将会出现安全事故,如起火、爆炸、触电等,动力电池在正常工作中不会上报该故障。电池管理系统一旦上报该故障,表明动力电池处于严重滥用状态。

2. 二级故障(严重)

电池管理系统上报该故障后整车将会进入跛行状态,暂时停止能量回馈、停止充电,动力电池正常工作中不会上报该故障。电池管理系统一旦上报该故障,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条件。

3. 三级故障(轻微)

电池管理系统上报该故障对整车无影响或不同程度地造成整车进入限功率行驶状态,动力电池正常工作时也可能上报该故障。电池管理系统一旦上报该故障,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。

三、动力电池性能检测

1. 外观及尺寸的检查

动力电池外观不得有变形及裂纹,表面应平整,无外伤、无污物等,且标志清晰。直观检查动力电池包紧固螺栓是否有松动,接头是否有脱落、松动,极桩是否有氧化,表面是否有脏污,各高压导线是否有损坏等现象,如有应予以排除。目测检查电池包壳体是否破损或变形、裂纹,密封法兰是否完整,外部是否有漏液,如有应更换壳体或电池组。

2. 单体动力电池电压的测量

将万用表旋钮旋转到直流电压挡,万用表两表笔分别接单体电池的正负极,测得电压值。

3. 动力电池模块电压的测量

将万用表旋钮旋转到直流电压挡,万用表两表笔分别接动力电池模块的正负极线束端子,测得电压值。

4. 动力电池组电压的测量

将万用表旋钮旋转到直流电压挡,万用表两表笔分别接动力电池组的正负极线束端子,测得电压值。

5. 动力电池电压的测量

将万用表旋钮旋转到直流电压挡,万用表两表笔分别接动力电池的主正继

电器和主负继电器前的动力电池线束,测得电压值。

6. 单体电池内阻的测量

使用内阻测试仪测量单体电池内阻。将内阻测试挡调到 20 V/2 000 mΩ,内阻测试仪的红黑表笔分别接单体电池的正极和负极,测出内阻值,并对测出的故障单体电池内阻值和正常的单体电池内阻值进行对比。

7. 动力电池组均衡充放电

使用均衡测试仪对动力电池组进行均衡充电。将均衡测试仪测试接口与电池组采样线插头相连,打开测试仪开关,在操作界面选中电池组内有故障的单体电池,设定充电电压为 3.7 V,设定电压不可超过额定电压(4.1 V)。

8. 动力电池绝缘测量

断开动力电池与高压盒的连接线束,确认动力电池正负继电器处于断开状态,用放电工具对动力电池及车辆高压端子进行放电后,分别用绝缘表测量动力电池正负极对车身的绝缘电阻值。

9. 动力电池系统的容量计算

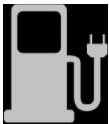
动力电池系统的容量按下式计算:

$$\text{动力电池系统的容量}=\text{单体电池容量}\times\text{单体电池并联数量}$$

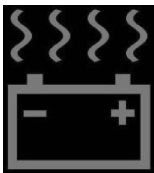
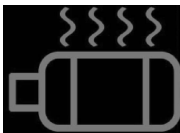
四、动力电池故障在仪表上的显示

动力电池故障会在仪表上显示。关于动力电池的故障,仪表上只显示动力电池故障、动力电池绝缘故障及动力电池系统断开 3 种故障信息。在仪表上显示的故障指示灯及含义见表 1-3。

表 1-3 在仪表上显示的故障指示灯及含义

名 称	显 示	颜色	故障含义
系统警告故障灯		黄色	与其他故障灯一同亮起,表示动力系统存在故障。单独亮起,代表系统总线通信出现故障,需及时维修
动力电池电量不足指示灯		黄色	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。这时需要及时充电,当动力电池电量高于 35%时,该指示灯就会熄灭

续表

名 称	显 示	颜色	故障含义
动力电池切断故障指示灯		黄色	动力电池不能提供动力来源,电池动力已切断,需及时维修
动力电池故障指示灯		红色	动力电池可能存在故障,应慢速行驶并及时维修;如果能够感觉到明显的故障,最好不要行车,应申请救援
动力电池绝缘电阻低指示灯		红色	表示动力电池绝缘性能降低。很多时候都是长时间淋雨造成的,静放几天等车辆干燥有可能恢复正常;如不能,需去维修店维修
动力电池过热警告灯		红色	说明动力电池过热,此时最好不要继续行驶,应该靠边停车,等待电池冷却,过热警告灯熄灭后再行驶
电机及控制器过热指示灯		红色	表示汽车电机及控制器过热,需要靠边停车,等待自然冷却。如果故障灯熄灭可继续行驶;如故障灯不熄灭或频繁亮起,就需要去维修店检修

五、吉利帝豪 EV 安全操作规定

- (1)操作人员必须通过企业高压作业专项培训并获得资格认证。
- (2)操作人员体内如植入电子医疗装置,可能会影响其功能。
- (3)操作人员必须严格遵守“双人作业”安全规范。
- (4)操作人员必须严格遵守“单手操作”安全规范。
- (5)操作人员必须严格按照作业要求有效佩戴绝缘护具。
- (6)操作人员必须严格按照作业要求正确使用绝缘工具。
- (7)操作人员必须严格按照作业要求检查确认维修场地。
- (8)操作人员必须严格遵守车辆使用要求和维修规范。

六、吉利帝豪 EV 断电流程

- (1) 关闭起动开关并妥善保管钥匙。
- (2) 断开低压蓄电池负极并进行防护。
- (3) 检查并佩戴有效绝缘手套。
- (4) 断开直流母线连接器并进行防护。
- (5) 静置等待 5 min 以上。
- (6) 检测高压系统漏电电压,应不大于 50 V。
- (7) 检测高压系统切断电压,应不大于 5 V。
- (8) 遮盖或阻隔相邻部件(区域)。

七、故障诊断前的准备工作

1. 工作前场地安全检查

工作前场地安全检查主要包含警示牌、围栏、灭火器、车辆停放、环境的潮湿程度等内容,如图 1-12~图 1-14 所示。



图 1-12 警示牌、围栏摆放检查



图 1-13 灭火器检查



图 1-14 确认场地安全,目测车辆停放是否周正

2. 工作前个人防护准备

工作前个人防护准备主要是检查防护着装、防护手套、绝缘手套、棉纱手套、安全帽、护目镜等内容,如图 1-15~图 1-18 所示。



图 1-15 绝缘手套检查



图 1-16 棉纱手套检查



图 1-17 安全帽检查



图 1-18 护目镜检查

3. 工作前检测校准仪器、诊断仪器及车内外防护准备

此部分主要涵盖工具的检查、仪表的测试、诊断仪的连接、充电设备的检查、车内外基本维保措施等内容,如图 1-19~图 1-26 所示。



图 1-19 逐层检查工具箱各工具位置



图 1-20 万用接线盒的检查



图 1-21 万用表的校准



图 1-22 电流钳的校准



图 1-23 解码仪的连接及检查



图 1-24 绝缘测试仪使用前做开路、短路测试以及检测绝缘垫的绝缘性



图 1-25 驾驶室、前机舱室防护套件的准备



图 1-26 充电设备的检查

4. 检查各高压插件安装情况

高压插件安装检查主要涉及各个高压橙色连接线束是否牢固,插头是否松动等情况,如图 1-27~图 1-30 所示。



图 1-27 电机控制器输入线束检查

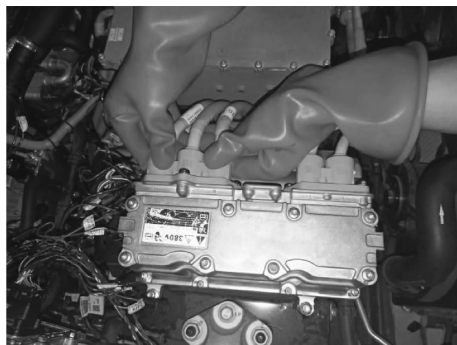


图 1-28 电机控制器输出线束检查



图 1-29 PTC 加热模块线束、插头检查



图 1-30 维修开关插头检查

5. 目测检查冷却液液位、洗涤液液位、制动液液位、低压蓄电池牢固情况

前机舱内基本检查维保项目包含冷却液液位、洗涤液液位、制动液液位、低

压蓄电池牢固情况等,如图 1-31~图 1-34 所示。



图 1-31 冷却液的液位检查



图 1-32 洗涤液的液位检查

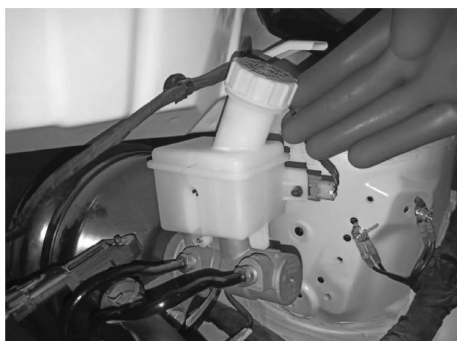


图 1-33 制动液的液位检查

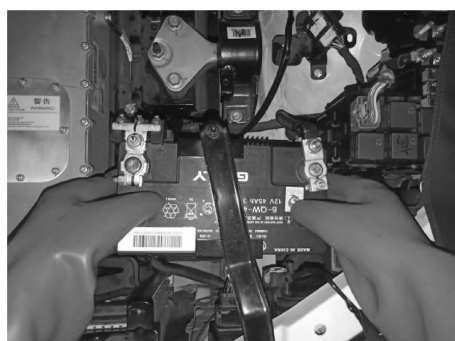


图 1-34 低压蓄电池牢固情况检查

6. 低压蓄电池电压测量及车辆识别码信息记录

在准备工作中要进行低压蓄电池电压测量以及掌握车辆的一些基本信息,测量低压蓄电池的电压和记录车辆基本信息的铭牌如图 1-35 和图 1-36 所示。



图 1-35 测量低压蓄电池的电压



图 1-36 记录车辆基本信息的铭牌

根据场地实际情况,有针对性地进行各环节准备工作,但上述准备工作不得缺少。对于绝缘测试仪的使用,需根据不同仪器使用说明书的要求进行;对于车

辆场地安全,可根据实际需要放置挡块等。

八、故障分析过程

1. 故障现象

吉利帝豪 EV 的故障现象为 READY 灯不亮,动力系统故障灯点亮,如图 1-37 所示。



图 1-37 故障现象

2. 模块通信状态及故障码检查

(1)故障码文字描述。整车控制器报 P0A0A11,整车控制系统 (Vehicle Control Unit,VCU)高压互锁断开,解码仪显示如图 1-38 所示。

帝豪>>帝豪EV300 >> 整车控制系统 (VCU) >> 读故障码		
故障码	描述	状态
P0A0A11	VCU高压互锁断开	当前的
P105763	准备充电过程中高压互锁检测超时	当前的
退出		

图 1-38 解码仪显示

(2)相关数据流文字描述。无相关数据流。

(3)相关数据流解码仪显示图。无相关数据流图。

3. 确认故障范围

确认故障范围为高压互锁环形线路。

4. 检测流程

根据故障范围分步骤进行线路流程检测。

1) 检测分析

根据故障现象及故障码显示,可以将故障大致锁定在高压互锁环形线路当中的某一节点处,按照高压互锁的输出输入依次进行排查。

2) 检测路线图

需要检测的高压互锁电路原理图如图 1-39 所示。

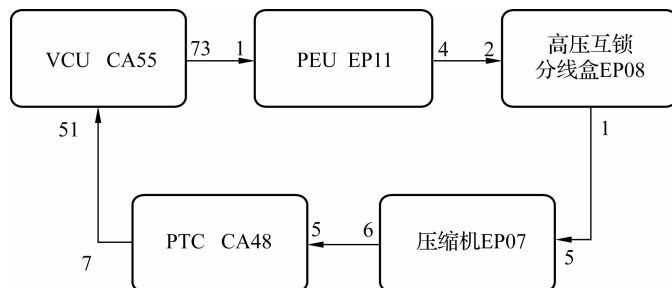


图 1-39 高压互锁电路原理图

3) 具体检测过程

故障诊断与排除准备工作完毕后,进行具体检测,诊断过程如图 1-40~图 1-50 所示。

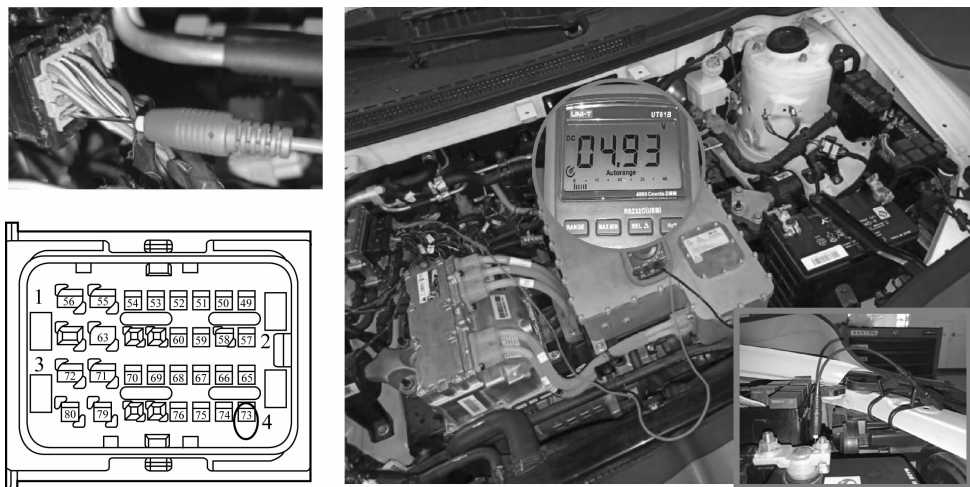


图 1-40 上电后背插 CA55/73 高压互锁输出电压

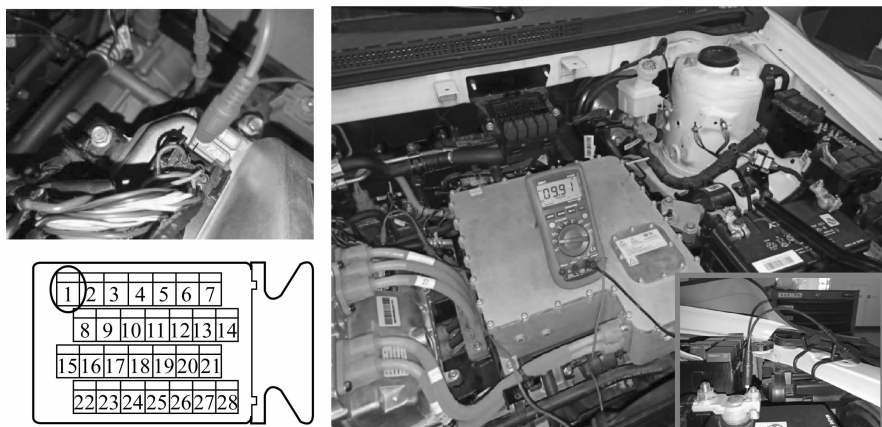


图 1-41 上电后背插 EP11/1 高压互锁输入电压

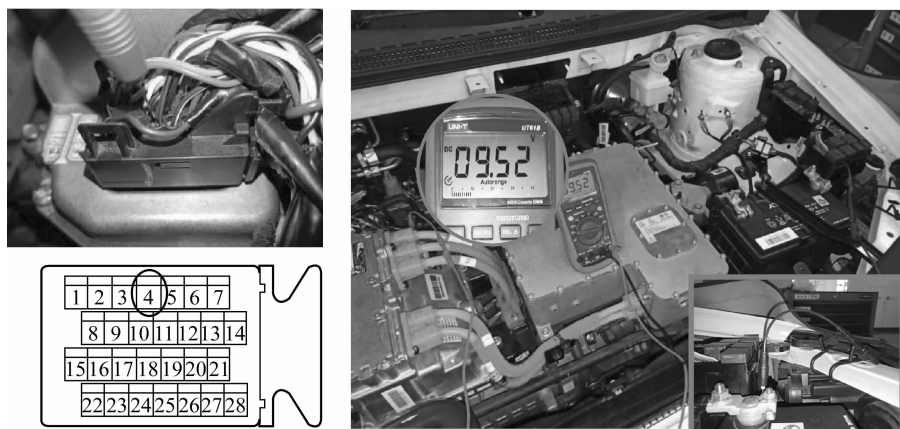


图 1-42 上电后背插 EP11/4 输出电压

由于高压互锁分线盒 EP08 的输入输出、压缩机 EP07 的输入输出位置特殊，不方便进行测量，因此此处测量步骤忽略。

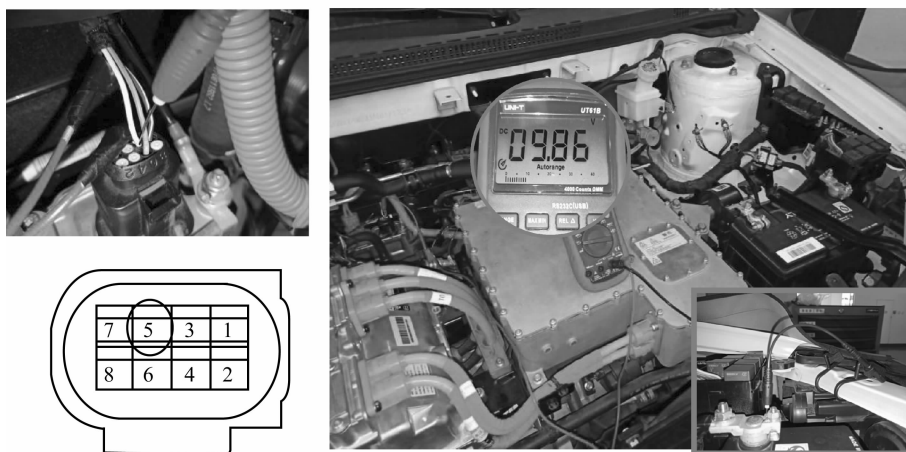


图 1-43 上电后背插 CA58/5 输入电压

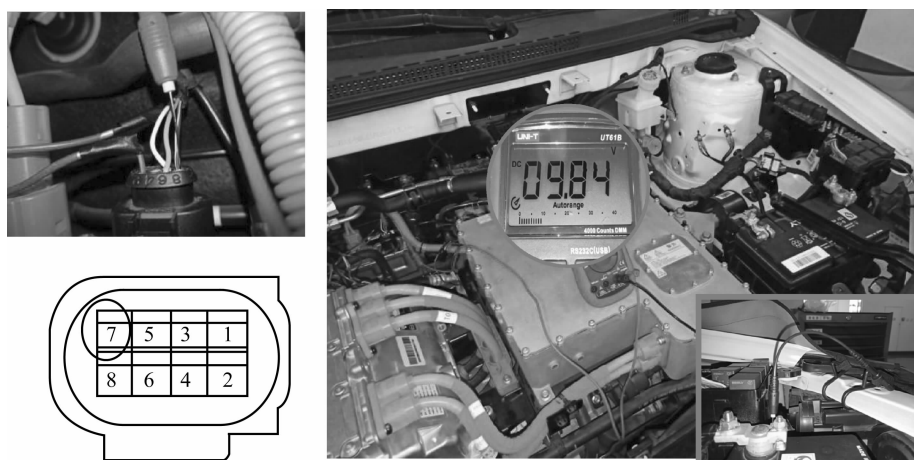


图 1-44 上电后背插 CA48/7 输出电压

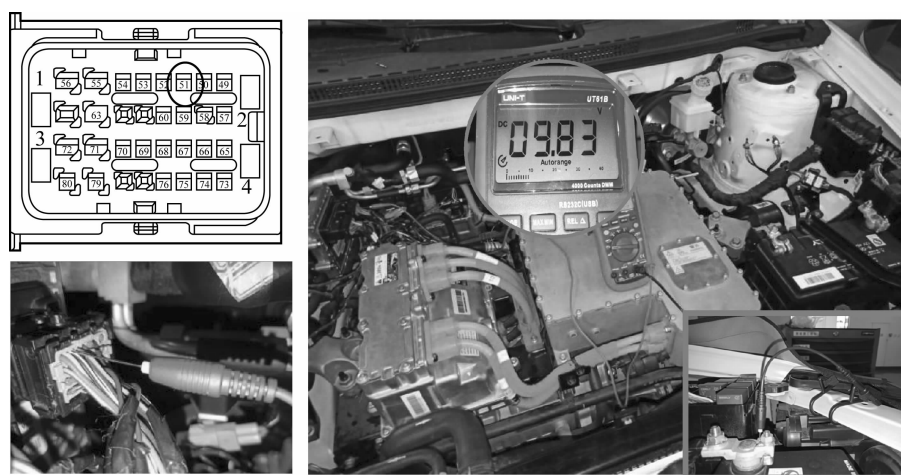


图 1-45 上电后背插 CA55/51 输入电压

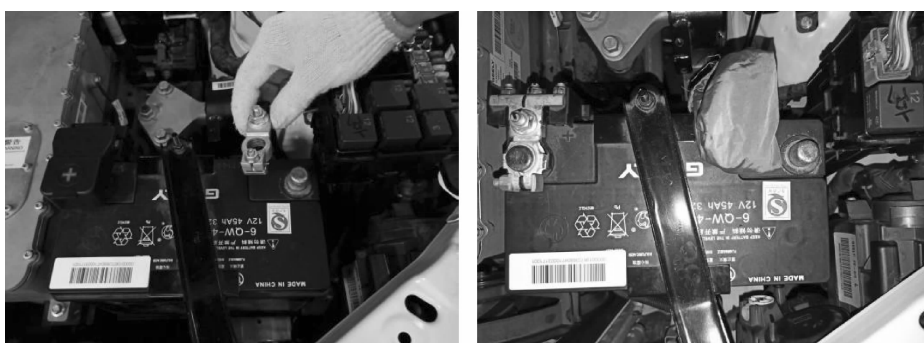


图 1-46 车辆下电,断开低压蓄电池负极



图 1-47 断开高压连接部件,静置 5 min

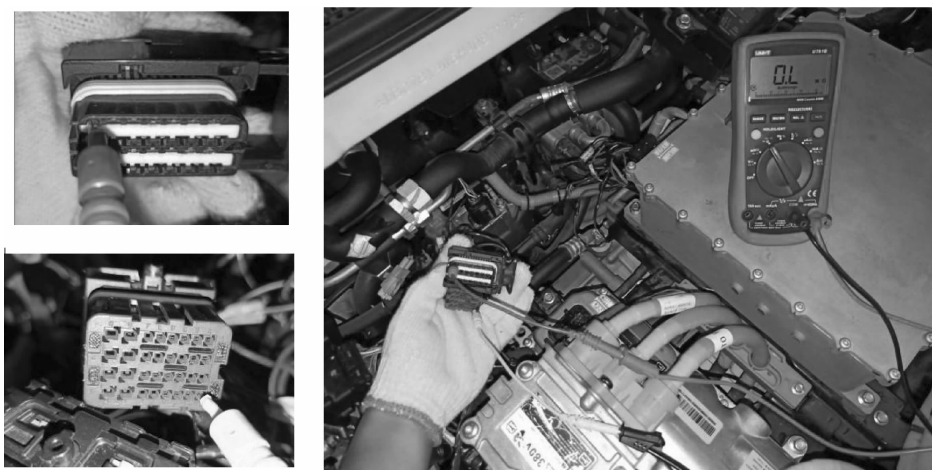


图 1-48 测量 CA55/73 输出到 EP11/1 输入间的电阻值

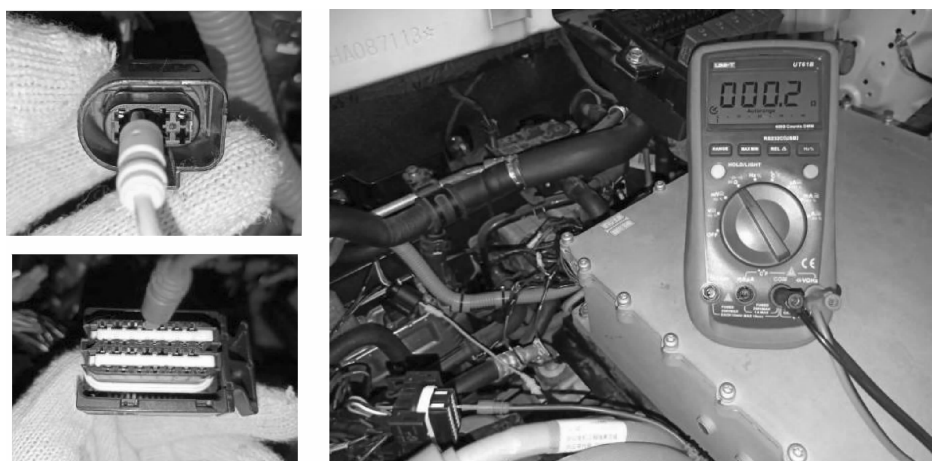


图 1-49 测量 EP11/4 输出到 CA48/5 输入间的电阻值(0.2 Ω)

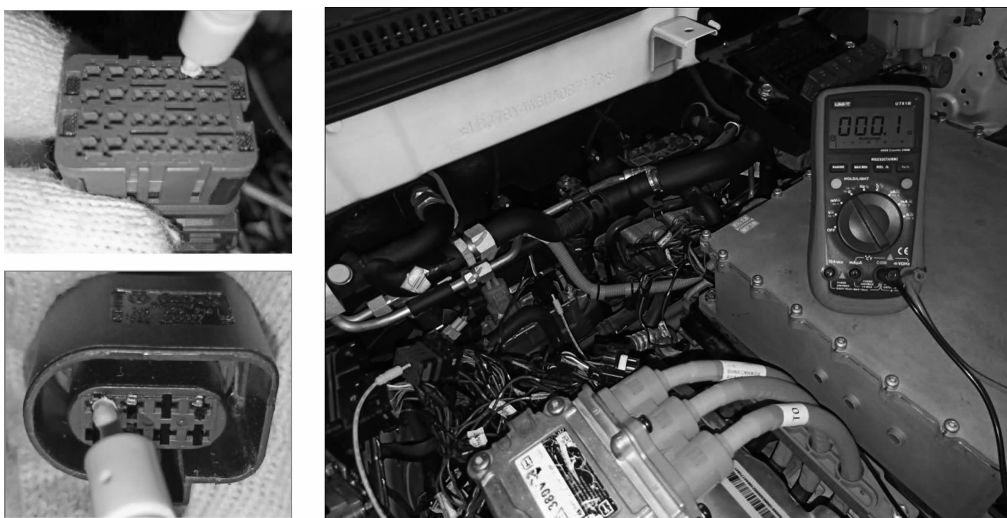


图 1-50 测量 CA48/7 输出到 CA55/51 输入间的电阻值(0.1 Ω)

当进行高压互锁故障检测时,从输出到输入依次进行。EV300 高压互锁涉及 VCU CA55、PEU EP11、高压互锁分线盒 EP08、压缩机 EP07、PTC CA48,此故障在检测过程中检测到整车控制器输出端为正常,PEU 的输入电压值明显高于正常值,因为环形结构至此往后涉及的 3 个模块电压均不正常,需一一断开模块后依次测量输入、输出端的电阻值来确定故障点,如图 1-51 所示。

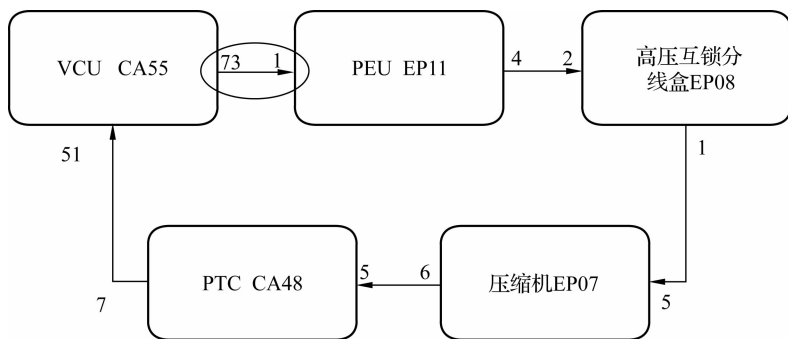


图 1-51 确定故障点

任务实施

1. 实训器材

2. 作业准备

3. 操作步骤

根据任务要求,每 6 人 1 组,每组选出 1 名组长,组长对小组成员进行任务分配。以小组为单位,根据任务要求,完成以下相关操作。

(1)结合所学内容,总结新能源汽车电源系统故障诊断前的场地安全工作。

(2)结合所学内容,分析吉利帝豪 EV 高压不上电的诊断思路。

项目一任务二的工作任务单见表 1-4。

表 1-4 项目一任务二的工作任务单

新能源汽车电源系统检修		班级:
		姓名:
序号	内容记录	
1	咨询内容记录	
2	实测分析	
3	数据补充	
课堂笔记		

4. 任务评价

项目一任务二的任务评价见表 1-5。

表 1-5 项目一任务二的任务评价

序号	检查项目	自我评价	小组评价	教师评价	备注
1	总结新能源汽车电源系统故障诊断前的场地安全工作(20 分)				
2	分析吉利帝豪 EV 高压不上电的诊断思路(20 分)				
3	课堂测评(20 分)				
4	遵守纪律(10 分)				
5	做好 6S 管理工作(10 分)				
6	完成工作任务单的全部内容(20 分)				
合计					

知识拓展

一、动力电池使用注意事项

- (1)汽车上坡、下坡、拐弯时应当减速,防止过大的加速度影响电池箱体。
- (2)汽车不宜在积水较深的路面行驶(水面低于动力电池系统底部),洗车时也要注意尽量不要将水枪喷头对着动力电池系统喷射。
- (3)如果发现动力电池系统表面出现划痕、掉漆等现象,应该及时补漆,做好表面防护,防止动力电池系统箱体被长期腐蚀而影响强度。
- (4)如果汽车驾驶过程中发生正撞、侧撞、追尾或侧翻等事故,不管动力电池系统从外观上看有无损坏,都要与专业维修人员联系。
- (5)如果汽车落水或被水浸泡,请不要擅自处理。

二、锂离子电池的工作原理

锂离子电池的工作原理就是指其充放电原理。当对电池进行充电时,电池

的正极上有锂离子脱出,脱出的锂离子经过电解液运动到负极,而负极的碳呈层状结构,它有很多微孔,到达负极的锂离子就嵌入碳层的微孔中,嵌入的锂离子越多,充电容量越高,放电则正好相反。从中不难看出,在锂离子电池的充放电过程中,锂离子处于“正极—负极—正极”的运动状态。

三、废旧锂离子电池的回收技术

研究废旧锂离子动力电池的回收技术的主要原因是废旧电池里面有价值的东西可以得到充分利用。例如,铜、镍、钴等都具有很高的价值,通过回收可以避免这些资源的浪费,把它们重新融入新电池的生产链中。现有的废旧锂离子电池回收技术主要分为物理处理技术和化学处理技术。物理处理技术包括机械分离法、热处理法、机械化学法、溶解法等,化学处理技术包括酸浸法、生物浸取法、化学沉淀法、电沉积法等。废旧锂离子电池回收流程如图 1-52 所示。

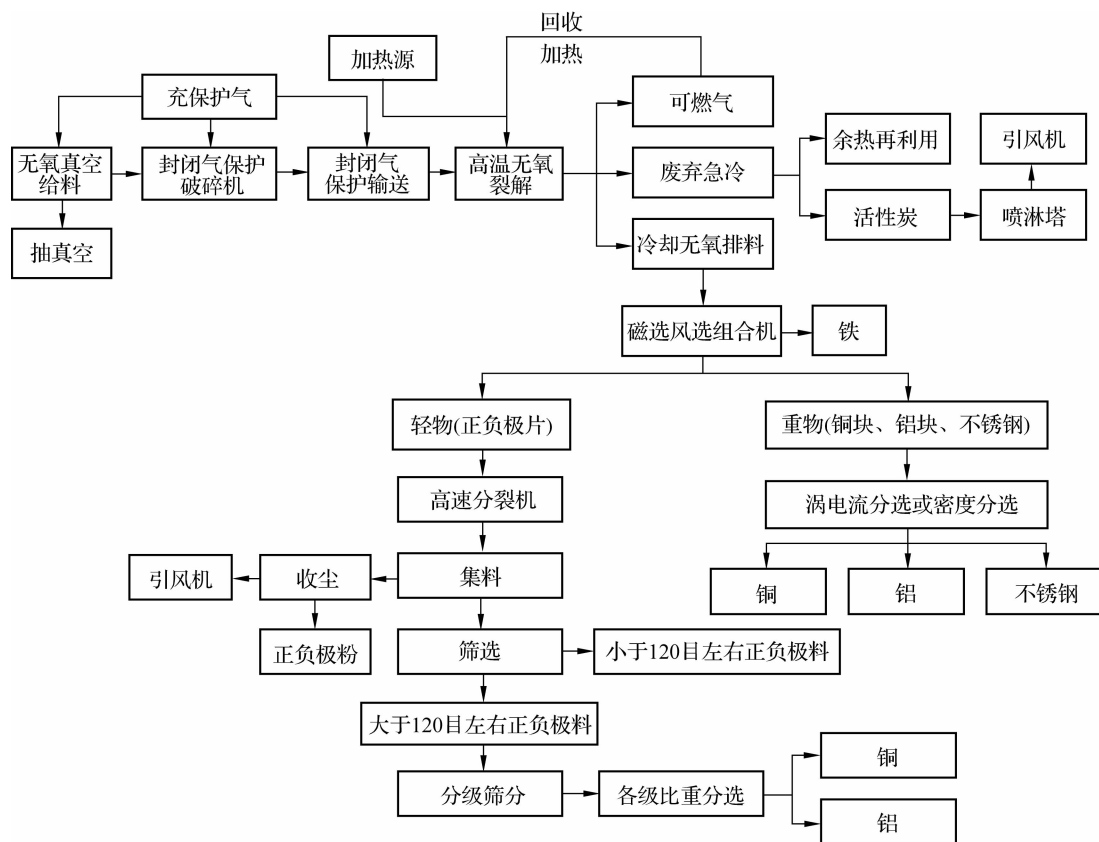


图 1-52 废旧锂离子电池回收流程



1. 物理处理技术

1) 机械分离法

机械分离通常是回收废旧电池的预处理过程。锂离子电池的外壳也属于机械处理中需要收集的一部分。回收废旧电池的方法既有金属氧化法、机械分离法,又可采用对锂和钴的湿法冶金回收工艺。相关实验表明,19%的过氧化氢和硫酸钠相结合可以快速地把锂和钴浸出。通过机械分离的过程,从废旧锂离子电池当中可以拆解出15%的电池外壳和42%的钴酸锂及石墨的混合物、6.1%的聚合物以及2.3%的可再生混合物。

2) 热处理法

热处理法通常是在高温情况下,在炉中进行加温处理。热处理的温度最高可达150℃,在如此高温的情况下,锂离子电池会分离出一些有价金属和黏结剂,再运用热酸浸取。热处理法的加热时间和流程都有明确的规定,一般不会超过3h。热处理法是目前物理处理技术中操作简单并且使用容易的方法,不足之处是在加热的过程中二氧化碳的排放量较高,会对环境造成严重污染,因此需要安装净化设备。

3) 机械化学法

机械化学法的基本原理是利用机械能来诱发化学反应或诱导材料组织、结构和性能的变化,以此来制备新材料或回收旧原料。在回收过程中,要对退役的锂离子电池中的钴和锂进行充分的磨合溶解。

4) 溶解法

溶解法是废旧锂离子电池回收中比较重要的方法之一。运用溶解法可以大大降低黏结剂对于电极活性材料在集流体中的黏结力,选择合适的溶剂是关键,二甲酸钠、二甲基碳钠等在实践中都得到了成功的应用。

2. 化学处理技术

1) 酸浸法

酸浸法就是把固状物通过溶剂浸取出一种或多种溶质的过程。从废旧锂离子电池中浸取金属时主要使用盐酸、硫酸等液体溶剂。实验结果表明,在这两种溶剂中,盐酸作为溶剂时,浸取效果更佳,钴的浸出率大于99%。



2) 生物浸取法

生物浸取法是处理动力电池成本最低的工艺,其效率高。生物在进行氧化的过程中,可以将不可溶的酸式盐变成可溶的酸式盐。废旧锂离子电池可以用此法回收有价金属,回收过程中会产生一些硫酸盐,这些硫酸盐可以产生高价的元素。

3) 化学沉淀法

化学沉淀法是向浸出液中添加特定的沉淀剂,将浸出液中的金属离子沉淀出来,得到相应的金属化合物。化学沉淀法的核心是控制好溶液的 pH,在不同的 pH 下沉淀出相应的金属离子。常见的沉淀剂有氢氧化钠(NaOH)、高锰酸钾(KMnO₄)、草酸铵[(NH₄)₂C₂O₄]、丁二酮肟(C₄H₈N₂O₂)、碳酸钠(Na₂CO₃)等。

4) 电沉积法

电沉积法是将废旧锂离子电池正极材料用酸溶解,然后选择性地除去铁、铝等杂质,再通过一定的电流,使钴、铜、锰等能够以金属的形式在正极析出的方法。电沉积法采用 10 mol/L 的工业硫酸泡取回收材料,碳酸钠作为复合剂添加其中,然后调整到合适温度,加温到 80 °C 并进行鼓风搅拌,里面的一些杂质物体(如铜、铁等)就会熔化沉淀出来。对过滤掉杂质的溶液可以进行电沉积反应,在高强度的电流电压下,可以对有价金属进行回收,回收率高达 90%。



课后练习

1. 填空题

- (1) 根据对整车的影响,故障划分为_____、_____和_____ 3 个等级。
- (2) 对动力电池外观进行检查,外观不得有_____及_____,表面应_____,无外伤、无污物等。
- (3) 使用内阻测试仪测量单体电池内阻,将内阻测试仪调到_____,内阻测试仪的红黑表笔分别接单体电池的_____和_____。

2. 判断题

- (1) 非专业维修人员绝对不要自行拆卸、调整、安装动力电池系统。 ()
- (2) 由于电池包质量较大,不要使用扳手或其他工具松动动力电池系统紧固螺钉。 ()

(3)动力电池系统的容量=单体电池容量×单体电池并联数量。 ()

3. 选择题

(1)关于动力电池的故障,仪表上只显示()3种故障信息。

- A. 动力电池故障
- B. 动力电池绝缘故障
- C. 动力电池系统断开
- D. DC/DC 变换器与电池连接电路故障

(2)电池管理系统上报一级故障(非常严重)一段时间后,整车将会出现()。

- A. 起火
- B. 爆炸
- C. 触电
- D. 跛行