

职业教育产教融合一体化精品教材

新能源汽车 维修与定制化改装

主 编 殷振波 杨永贵 董志辉

副主编 耿黄政 郭 雄 李京雷 李春术

参 编 闫云敬 陈付纪 韦金孜 廖胡福

梁 湘 黄可深 王宁宁

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书以上汽通用五菱汽车股份有限公司生产的五菱宏光 MINIEV 汽车为载体,采用基于任务导向的一体化教学模式编写而成。本书主要内容包括微型新能源汽车维修高压防护与救助、动力电池检测与维修、车载充电系统检测与维修、电机驱动系统检测与维修、高压配电系统检测与维修、高压互锁系统检测与维修、空调系统检测与维修,以及微型新能源汽车部件拆装、内饰加装、车衣施工、太阳膜(窗膜)施工、改色膜施工、电路改装等内容。各学习任务均以任务为导向并配有工作页,用于引导学生进行理论学习与实践操作。

本书可作为职业院校汽车维修类专业相关课程教材,也可作为汽车技术培训机构及汽车维修从业人员的参考用书。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

新能源汽车维修与定制化改装 / 殷振波, 杨永贵,
董志辉主编. — 北京: 电子工业出版社, 2024. 7.

ISBN 978-7-121-48387-5

I. U469.707

中国国家版本馆 CIP 数据核字第 202430J4J3 号

责任编辑: 陈 虹

印 刷:

装 订:

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本: 787×1 092 1/16 印张: 12 字数: 426.4 千字 插页: 34

版 次: 2024 年 7 月第 1 版

印 次: 2024 年 7 月第 1 次印刷

定 价: 49.50 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010) 88254888, 88258888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

本书咨询联系方式:(010) 88254470, chitty@qq.com。

前 言

随着新能源汽车产业的日趋成熟，以及国家政策对新能源汽车发展的支持，新能源汽车越来越受到人们的追捧。新能源汽车包括混合动力电动汽车、纯电动汽车、燃料电池电动汽车及其他新能源（超级电容、飞轮等高效储能器）汽车等。纯电动汽车（简称电动汽车）是汽车技术、电子与计算机技术、电化学技术、能源与新材料技术聚合发展的结晶。与传统汽车相比，电动汽车具有污染小、噪声小和节省化石能源等优点，已逐渐成为新一代主要交通工具，目前在新能源汽车市场中占有率最高。

微型新能源汽车是指 A00 级别的电动汽车，其轴距一般小于 2.2m，它以五菱宏光 MINIEV 汽车为代表，以极高的性价比、灵活的操控性能等特点，占据了纯电动汽车的较大市场份额，成为许多家庭的第二辆汽车。随着微型新能源汽车数量的急剧增加，微型新能源汽车后市场对技能型人才的需求量不断增大，同时呈现两个鲜明的特点：一是由于微型新能源汽车结构与传统汽车结构不同，其对汽车后市场技能型人才的维护与修理技能要求有所不同，需要新型的检修类技术技能人才；二是由于微型新能源汽车消费群体主要为年轻女性，她们对微型新能源汽车提出了美容与改装需求，需要定制化改装的相关人才。为此，柳州城市职业学院组织教师和企业人员成立了课程建设组，结合微型新能源汽车维护、修理、美容、改色等实际需求，参考和借鉴了国内外新能源汽车方面的研究成果，形成了以工作任务为导向、工作过程为主线的课程建设思路，并编写了本书，以满足微型新能源汽车后市场技能型人才培养需要。

由于编者水平和经验有限，书中难免存在缺点和疏漏之处，恳请广大读者批评指正。

目 录

项目 1 微型新能源汽车维修	1
任务 1 微型新能源汽车维修高压防护与救助	1
任务 2 动力电池检测与维修	20
任务 3 车载充电系统检测与维修	42
任务 4 电机驱动系统检测与维修	57
任务 5 高压配电系统检测与维修	76
任务 6 高压互锁系统检测与维修	84
任务 7 空调系统检测与维修	93
项目 2 微型新能源汽车定制化改装	107
任务 1 微型新能源汽车部件拆装	107
任务 2 微型新能源汽车内饰加装	116
任务 3 微型新能源汽车车衣施工	134
任务 4 微型新能源汽车太阳膜（窗膜）施工	145
任务 5 微型新能源汽车改色膜施工	160
任务 6 微型新能源汽车电路改装	179

项目 1 微型新能源汽车维修

新能源汽车是指采用非常规的车用燃料作为动力来源（或使用常规的车用燃料、采用新型车载动力装置），综合车辆的动力控制和驱动方面的先进技术，形成的技术原理先进、具有新技术、新结构的汽车。新能源汽车包括混合动力电动汽车（HEV）、纯电动汽车（BEV）、燃料电池电动汽车（FCEV）及其他新能源（超级电容、飞轮等高效储能器）汽车等。其中，以五菱宏光 MINIEV 汽车为代表的微型新能源汽车由于体积小、操控性好、价格低，广受市场的欢迎。本项目包含以下 7 个任务：

任务 1 微型新能源汽车维修高压防护与救助

任务 2 动力电池检测与维修

任务 3 车载充电系统检测与维修

任务 4 电机驱动系统检测与维修

任务 5 高压配电系统检测与维修

任务 6 高压互锁系统检测与维修

任务 7 空调系统检测与维修



任务 1 微型新能源汽车维修高压防护与救助



学习目标

1. 能描述电对人体造成的伤害的类型与特点。
2. 能描述人体各部位的电阻。
3. 能描述新能源汽车高压电的类型与存在时间。
4. 能描述新能源汽车的高压安全措施。
5. 能描述触电急救流程。

6. 会正确穿戴绝缘帽、护目镜、绝缘服、绝缘手套和绝缘鞋。
7. 能识别五菱宏光 MINIEV 汽车高压部件。
8. 能熟练检查与使用绝缘工具和安全用具。



任务分析

新能源汽车的工作电压远远超过了人体安全电压，维修人员在实施维修作业过程中存在一定的人身安全危险。为此，新能源汽车维修人员应熟知电对人体造成伤害的过程与机理，正确穿戴绝缘安全防护用具和使用绝缘工具，在保证人身与设备安全的情况下完成新能源汽车维修相关作业，并能在发生触电事故后采取适当的急救措施，以降低高压触电带来的伤害。



任务准备

一、电对人体造成的伤害

电对人体造成的伤害主要来自电流。电流对人体造成的伤害有电击、电伤和电磁场生理伤害三种类型。

1. 电击

电击是指电流以人体为通路，使身体的一部分或全身受到电的刺激或伤害，导致人体心脏、肺及神经系统的正常功能受到影响，致使人体的呼吸和心跳停止，从而危及生命。如果电流足够大也会导致烧伤，烧伤有可能在身体表面，也有可能身体内部，对内脏造成伤害。电击者还容易因剧烈痉挛而摔倒，导致电流通过全身而造成摔伤、坠落等二次事故。影响电击对人体伤害程度的因素有：接触位置电压的高低、电流的大小、电流的持续时间、电流的路径（最坏的情况是通过心脏）、电流的频率（直流电或交流电）。其中，电流的大小是造成电击伤害的直接因素，通过人体的电流越大，致命的危险也越大。一般来说，流过人体 1mA 的工频电流会使人有不舒服的感觉；当流过人体的电流超过 5mA 时，称为“触电”，这时人会感到有些发麻，但还能够摆脱电流导体；当流过人体的电流为 50mA 时，人就会有生命危险。另外，交流电压在人体内产生交流电，会促使肌肉组织和心脏颤动。交流电压的频率越低，危险性越高。

2. 电伤

电伤是指电流的热效应、化学效应和机械效应对人体造成的伤害，主要有电灼伤、皮肤金属化、电烙印、机械性损伤、电光眼等。

1) 电灼伤

电灼伤一般有接触灼伤和电弧灼伤两种。接触灼伤是指在高压触电事故发生时，电流通过人体皮肤的进出口处造成的灼伤，灼伤处呈黄色或褐黑色并累及皮下组织、肌腱、肌肉、神经和血管，甚至使骨骼呈现碳化状态。电弧灼伤多数是由带负荷拉、合刀闸，及带地线合闸时产生的强烈电弧引起的，其情况与火焰烧伤相似，会使皮肤发红、起泡、烧焦组织并坏死。

2) 皮肤金属化

皮肤金属化是由于高温电弧使周围金属熔化、蒸发并飞溅渗透到皮肤表层而形成的。皮

肤金属化后，皮肤表面粗糙、坚硬。根据熔化的金属不同，呈现的颜色也不同，一般铅呈现灰黄色，紫铜呈现绿色，黄铜呈现蓝绿色，金属化后的皮肤经过一段时间后能自行脱落，不会有不良后果。

3) 电烙印

电烙印发生在人体与带电体接触良好，但人体未被电击的情况下，在皮肤表面留下和接触带电体形状相似的肿块瘢痕，一般皮肤不会发炎或化脓。瘢痕处的皮肤失去原有弹性、色泽，表皮坏死，失去知觉。

4) 机械性损伤

机械性损伤是指电流作用于人体时，由于中枢神经反射和肌肉强烈收缩等作用导致的肌体组织断裂、骨折等伤害。

5) 电光眼

电光眼是指发生弧光放电时，红外线、可见光、紫外线对眼睛造成的伤害。

3. 电磁场生理伤害

电磁场生理伤害是指在高频磁场的作用下，人会出现头晕、乏力、记忆力减退、失眠、多梦等症状。电磁场生理伤害主要表现为电磁辐射，它对人体的作用主要体现在热效应、非热效应和累积效应三个方面。

二、电器火灾

电气设备选用不当、线路年久失修、线路绝缘老化、用电量增加、线路超负荷运行、电器积尘和受潮、热源接近电器、电器接近易燃物和通风散热失效等原因会引起电器火灾。

三、人体电阻

通过人体电流的大小取决于人体电阻，以及人体所触及的电压高低。当人体电阻一定时，作用于人体的电压越高，通过人体的电流越大。人体各部位的电阻如图 1-1-1 所示。人体电阻随着条件的不同在很大范围内变化，但是一般不低于 $1\text{k}\Omega$ 。对于由高电压产生的高电流来说，人体内部的电阻相对很小，特别是身体中的血液，它本身就是很好的导体。最大的生命危险主要出现在电流经过心脏时。我国民用电网中的安全电压多采用 36V ，大体相当于人体允许电流 30mA （人体电阻为 1200Ω ）的情况。

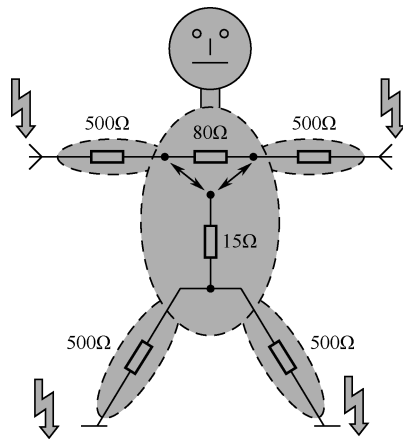


图 1-1-1 人体各部位的电阻

四、新能源汽车高压电的类型

1. 新能源汽车电压等级

依据国家标准 GB 18384—2020《电动汽车安全要求》“第 4 部分 电压等级”，结合空气的湿度和人体在不同工作环境下的电阻，根据不同电压等级可能对人体产生的伤害和危险程度的不同，在新能源汽车中将车辆电压按照类型和数值分为两个安全级别，如表 1-1-1 所示。

表 1-1-1 新能源汽车电压等级

电压等级	最大工作电压 U/V	
	直流 (DC)	交流 (AC)
A	$0 < U \leq 60$	$0 < U \leq 30$
B	$60 < U \leq 1500$	$30 < U \leq 1000$

A 级是较为安全的电压等级，在直流中，最大工作电压应小于或等于 60V；在交流中，最大工作电压应小于或等于 30V，在该电压下的作业人员不需要采取特殊的防电保护措施。B 级电压会对人体产生伤害，被认为是高压，在该电压下的作业人员必须采取必要的防护设备进行保护。

2. 新能源汽车高压类型

新能源汽车高压有直流高压和交流高压两种。直流高压主要分布在从动力电池到各驱动部件的位置。例如，动力电池与电机控制器之间是直流高压；动力电池与电动压缩机之间也是直流高压。交流高压主要分布在电机控制器与驱动电机之间，以及充电插座与车载充电机之间。

3. 新能源汽车高压存在时间

如图 1-1-2 所示，新能源汽车高压存在时间分为持续存在、运行期间存在和充电期间存在三种状态。动力电池持续存在高压，即使在车辆停止运行期间，动力电池也存在高压，由于动力电池始终存储着电能，因此在满足动力电池的放电条件后，该部件将继续对外放电。运行期间存在高压的部件，是指当点火开关处于 ON、RUN 或其他运行状态时，存在高压的部件。只有在系统运行时，来自动力电池的高压才会加载到电动压缩机、PTC 加热器及 DC/DC 转换器等部件上。

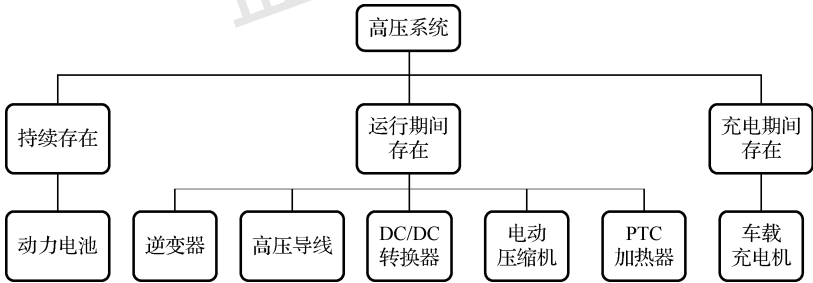


图 1-1-2 新能源汽车高压存在时间

五、新能源汽车的高压安全

1. 新能源汽车高压系统

如图 1-1-3 所示，新能源汽车高压部件有驱动电机、电机控制器、动力电池、充电插座、三合一控制器、电动压缩机、PTC 加热器等。

1) 驱动电机

驱动电机是新能源汽车的高压动力系统，不但可以作为电动机使用，而且可以作为发电机使用，常用的有同步电机、直流电机和异步电机等类型，其中，三相同步交流电机应用最为广泛。

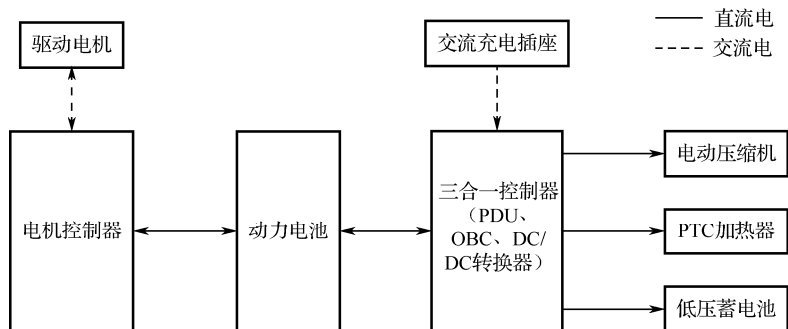


图 1-1-3 新能源汽车高压系统组成

2) 电机控制器

电机控制器，简称 MCU，是控制动力电池与驱动电机之间能量传输的装置，由逆变器和控制器两部分组成。逆变器接收电池输送过来的直流电，将其逆变成三相交流电传输给驱动电机。控制器接收电机转速等信号并将其反馈给相应仪表，当发生制动或加速行为时，控制器控制变频器频率的升降，从而达到加速或减速的目的。

3) 动力电池

动力电池，全称动力电池供电系统，是新能源汽车的储能部件与供电装置，由动力电池模组、电池管理系统、电池冷却系统、电池箱体及附件组成，其主体为动力电池模组，目前主要使用的是锂离子电池。

4) 充电插座

充电插座分为交流充电插座和直流充电插座两种。其中，交流充电插座用来连接车载电机与 220V 家用电源，为新能源汽车提供交流慢速充电；直流充电插座用来连接动力电池与直流充电桩，为新能源汽车提供直流快速充电。

5) 三合一控制器

三合一控制器，简称 CDU，由高压配电箱（PDU）、车载充电机（OBC）和直流/直流（DC/DC）转换器组成。高压配电箱的作用是分配汽车高压电能。车载充电机的作用是可根据电池管理系统提供的数据，动态调节充电电流或电压参数，保护汽车动力电池安全、自动充满电。DC/DC 转换器的作用是将动力电池的高压直流电转换为低压电器能够使用的 12V 低压直流电，并为低压蓄电池充电。

6) 电动压缩机

电动压缩机是新能源汽车的制冷部件，用来向新能源汽车车厢内部提供冷风。

7) PTC 加热器

PTC 加热器是新能源汽车的加热部件，用来向新能源汽车车厢内部提供暖风。

2. 新能源汽车的安全措施

1) 高压警示标志

高压系统的所有部件均设有高压警示标志，并有相应防护等级的高压电缆和部件进行绝缘监测、报警或切断高压系统。

2) 电气隔离

高压系统采用正负极独立回路，并与车身和低压隔离。

3) 电缆

高压系统采用橙色的高压电缆，并且采取屏蔽措施，能够有效地绝缘并防止电磁辐射。

4) 继动控制

高压系统的通断由低压系统触发和控制。

5) 分断装置

维修保养时，断开维修保养开关或断开 12V 蓄电池的负极，以切断高压系统。

6) 绝缘监测装置

绝缘监测装置对高压电缆和部件进行绝缘监测，在发现故障时报警或切断高压系统。

7) 高压互锁系统

高压互锁系统遍布在高压部件中，监测高压部件、电缆、接插件、保护盖等的电气完整性。

8) 撞击、涉水防护

电池箱体的作用是承载并保护动力电池及其内部的电气元器件。因此，电池箱体应具有较高的强度和刚度并能够防尘、防水，其防护等级为 IP67，可以在撞击、涉水等状况下防止高压电泄漏，保证乘车人员的安全。电池箱体加装了电池紧急开关和电池管理系统漏电保护装置。

9) 转矩管理

(1) 整车控制器负责计算整车的需求转矩，若计算出的需求转矩值大于某个标定值，则认为转矩输出存在安全风险，此时整车控制器会将车速限制在安全范围内。

(2) 若整车控制器的需求转矩与电机的实际转矩的差值大于某个标定值，则认为电机的转矩控制存在风险，此时整车控制器会限制电机的转矩输出。若两者的差值一直过大，则应切断动力电池的动力输出。

10) 充电管理

(1) 只有挡位放在 P 挡时才允许充电。

(2) 在充电过程中，需求转矩及实际转矩输出都应当为 0。

(3) 当充电枪插上时，不允许闭合控制高压电输出的接触器。

(4) 当充电回路绝缘电阻小于标准要求电阻时，应当停止充电并断开高压接触器。

3. 新能源汽车维修安全注意事项

(1) 穿戴绝缘安全防护用具，如绝缘手套（需准备防高压电工手套和防电池电解液酸性手套）、绝缘胶鞋、绝缘胶垫、绝缘外套和防护眼镜等，其耐压等级必须大于 1000V。

(2) 操作规范，先断开连接，确定系统断电，防止高压系统再激活。

(3) 操作注意事项

① 橙色的电缆都带有危及生命安全的高压电。

② 不能直接对高压部件喷水或采用高压清洗液冲洗。

③ 不能在高压连接线上使用机油、油脂、接触喷雾等。

④ 在高压带电部件附近作业前，必须先将高压系统断电。

⑤ 在焊接、使用材料切割工具或锋利工具作业之前，必须先将系统断电。

⑥ 所有断开的高压连接线必须采取防尘和防潮措施。

六、触电急救措施

当发生触电事故时，首先应在确保自身安全的前提下断开事故电路，然后进行针对性施救，具体流程如图 1-1-4 所示。

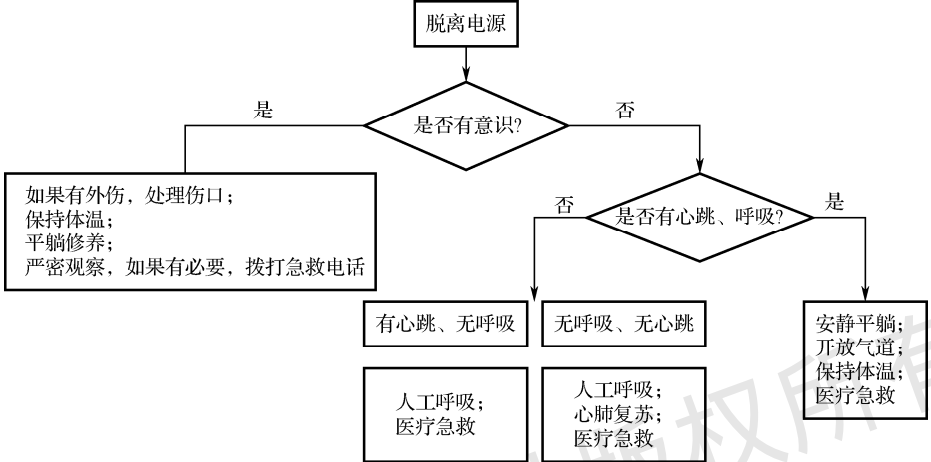


图 1-1-4 触电急救流程

1. 脱离电源

当电压低于 1000V 时，首先应通过断开开关、拔下插头或者取出熔断器来切断电源。如果不能立即采取以上措施，则施救者必须进行自我绝缘保护，不允许直接触碰触电者，应使用干木板、干衣服、干塑料袋或者厚的干报纸等非导体将触电者与带电体分开，如图 1-1-5 所示。

2. 拨打急救电话

为了在第一时间内救助伤者，应首先通过急救管理部门向急救服务站求救，并在急救人员到达之前采取基本急救措施。如图 1-1-6 所示，人体在触电后生还的概率在很大程度上取决于急救时间，因此触电后应立即采取急救措施。

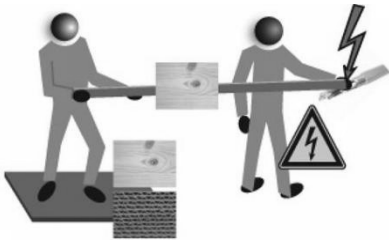


图 1-1-5 脱离电源

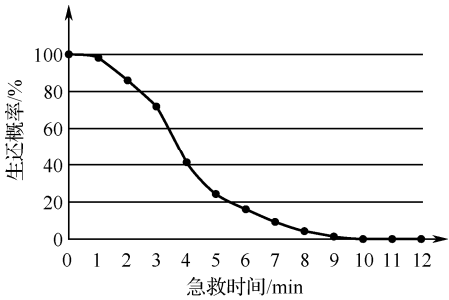


图 1-1-6 急救时间与生还概率的关系

当遇到紧急触电事故时，可按以下步骤进行故障报告。

- (1) 在哪里发生的。要明确地说明事故发生的具体地点，如果需要还应简要说明路径。
- (2) 发生了什么。应说明发生了哪类紧急事故，如电弧伤害、人体接入电路中等。
- (3) 伤了多少人。应说明事故中伤者的数目。

(4) 哪种类型的伤害。应说明受到伤害的类型,如眼部遭电弧击伤、高压系统触电严重烧伤、昏迷不醒、心脏停止跳动等。

(5) 等待回话。必须等待急救管理部门或者对此负责的部门的回话。

(6) 采取急救措施。在拨打急救电话进行事故报告的同时,应对伤者采取基本的急救措施。首先进行意识检查,观察伤者是否有意识;然后检查伤者是否呼吸通畅。如果伤者已没有可以识别的生命迹象,则必须对其进行心肺复苏。

3. 现场施救

1) 人工呼吸

如图 1-1-7 所示,首先使伤者仰卧在平地上,一只手放伤者前额,并用拇指和食指捏住伤者鼻孔,另一只手握住伤者颈部使其头尽量后仰以保持气道开放状态,深吸一口气,向伤者口内连续吹气 2 次,每次吹气时间为 1~1.5s,吹气量在 1000ml 左右,直到伤者胸廓抬起,停止吹气。然后松开贴紧伤者的嘴,并放松捏住伤者鼻孔的手,将脸转向一旁,用耳听是否有气流呼出,再深吸一口新鲜空气为第二次吹气做准备,当伤者呼气完毕后,即开始下一次同样的吹气。如果伤者仍未恢复自主呼吸,则要进行持续吹气,成人吹气频率为 12 次/min,儿童吹气频率为 15 次/min,婴儿吹气频率为 20 次/min。

2) 心肺复苏

如图 1-1-8 所示,确保伤者仰卧于平地上或用胸外按压板垫于其肩背下,急救者可采用跪式或踏脚凳等不同体位,将一只手的掌根放在伤者胸骨中下 1/3 交界处,将另一只手的掌根置于第一只手上,手指不接触胸壁。按压时双肘应伸直,垂直向下用力按压,成人按压频率为 100~120 次/min,下压深度为 5~6cm,每次按压之后应让胸廓完全回弹。按压时间与放松时间各占 50%左右,放松时掌根部不能离开胸壁,以免按压点移位。



图 1-1-7 人工呼吸



图 1-1-8 心肺复苏



任务实施

一、绝缘安全防护用具的检查与穿戴

由于新能源汽车存在高于安全电压的危险,所以新能源汽车维修人员进行维修操作时需借助一定的防护用具(见图 1-1-9),能够保护维修人员的安全。

1. 绝缘帽

绝缘帽(见图 1-1-10)的作用是当维修人员在维修新能源汽车时,防止高压电通过头部接触导致触电事故的发生。



图 1-1-9 新能源汽车维修人员配备的绝缘安全防护用具

2. 护目镜

护目镜（见图 1-1-11）可以保护眼睛免受有害因素损伤，分为防尘眼镜、防冲击眼镜、防化学眼镜和防光辐射眼镜等多种类型。在维修新能源汽车过程中，护目镜可以避免辐射光、电弧对眼睛造成伤害。在使用护目镜时应注意以下事项。

- （1）应选择大小适宜的护目镜，以防作业时脱落或晃动，影响使用效果。
- （2）擦拭镜片时应使用专用抹布，擦拭时应顺一个方向擦干净。
- （3）勿将护目镜放置于潮湿环境中和直射阳光下，以免损伤镜片。
- （4）双手摘镜，轻拿轻放，放置时镜片向上，不用时最好放入镜盒中保存。
- （5）镜架螺钉松动时，应及时调整。
- （6）护目镜用完后及时用清水冲洗，并用专用抹布擦拭干净，以延长护目镜使用寿命。



图 1-1-10 绝缘帽



图 1-1-11 护目镜

3. 绝缘服

绝缘服（见图 1-1-12）是用导电材料与纺织纤维混纺交织成布后再做成的服装。维修人员穿着绝缘服能有效地防护人体免受高压电场及电磁波的危害。维修人员在维修新能源汽车过程中穿着绝缘服的机会不多，一般在对高压蓄电池进行维修或处理时才需要穿着绝缘服。穿着绝缘服时应注意以下事项。

- （1）检查绝缘服外观，确定绝缘服无破损。
- （2）在使用绝缘服之前，首先要检查绝缘服的绝缘等级是否符合当前作业需要。
- （3）检查绝缘服表面和内里，确定表面和内里干燥。
- （4）如果绝缘服在使用前存在不符合以上任意一点要求的情况，则不得使用该绝缘服。

- （5）绝缘服应选择合适的尺码，并且绝缘服的上衣需要别于裤子内。



图 1-1-12 绝缘服



图 1-1-13 绝缘手套

4. 绝缘手套

绝缘手套（见图 1-1-13）是用绝缘性能良好的特种橡胶制成的，要求薄、柔软，有足够的绝缘强度和机械性能。绝缘手套可以使人的两只手与带电体绝缘，适用于“拆装”高压组件连接插头或触碰高压组件时使用，具有防电、防油、耐酸碱等特性。在使用绝缘手套时应注意以下事项。

（1）绝缘手套在铭牌上标示有绝缘电压值，电压值越大，手套越厚，要根据实物的最大电压值选择绝缘手套。

（2）使用前必须进行充气检验，如果发现有任何裂纹、破损、漏气、老化发脆等现象，则不能继续使用，外观检查完毕后把手套从手套袖口处开始快速卷起，使手套的手指和手掌部分充气鼓起，掰开手套指缝，观察并细听有无漏气声。如果手套未膨胀鼓起，则说明存在漏气情况，此时需定位漏气位置。

（3）在对车辆进行作业时，应将衣袖口套入手套筒口内，以防发生意外。

（4）绝缘手套使用完毕后，应将内外污物擦洗干净，待干燥后，撒上滑石粉并放置平整，切勿放于地上。

（5）绝缘手套储存的环境要求：干燥通风，室温为 $-15\sim 30^{\circ}\text{C}$ ，湿度为 $50\%\sim 80\%$ ，远离热源，离开地面和墙壁 20cm 以上，避免受酸、碱、油的影响及阳光直射。

（6）绝缘手套尺寸应与使用者的手部大小匹配。

（7）使用绝缘手套时，注意防止尖锐物体刺破手套。

（8）绝缘手套的绝缘性能可以使用兆欧表进行检测，检测方法如图 1-1-14 所示。将绝缘手套泡在水中，施加 500V 电压并使用兆欧表进行检测，如果绝缘电阻在 $1\text{M}\Omega$ 以上，则说明绝缘手套性能正常；否则，说明绝缘手套不能使用。

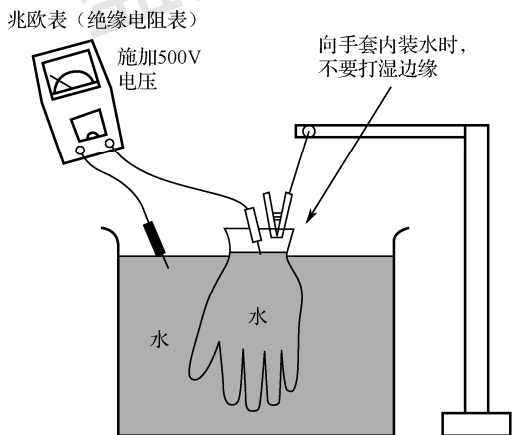


图 1-1-14 绝缘手套的绝缘性能检测方法

5. 绝缘安全鞋

绝缘安全鞋的作用是使人体与地面绝缘，可用于防止跨步电压触电和接触触电。一方面，绝缘安全鞋可以防止电流通过人体与大地之间形成通路，对人体造成电击伤害，降低触电的可能性；另一方面，绝缘安全鞋可以防止试验电压范围内的跨步电压对人体产生伤害。如图 1-1-15 所示，绝缘安全鞋有绝缘鞋、绝缘短靴和绝缘长筒靴三种类型，在新能源汽车维修

中主要使用绝缘鞋。在使用绝缘鞋时应注意以下事项。



图 1-1-15 绝缘安全鞋

- (1) 绝缘鞋具有不同的绝缘等级，在选取时应根据绝缘等级选取。
- (2) 绝缘鞋不能受潮。
- (3) 在使用绝缘鞋之前，应检查鞋子是否有明显破损，若发现有破损，则应立即停止使用。
- (4) 绝缘鞋不宜在雨天使用，也不宜水洗，否则容易发生断线、脱胶、泛盐霜的现象。
- (5) 存放绝缘鞋时，应保持整洁、干燥。
- (6) 当无法从地板上清除水、机油或其他物质时，必须穿绝缘鞋以防触电。

二、绝缘工具的识别与初始检查

1. 手摇兆欧表

兆欧表是一种简便、常用的用于测量高电阻的直读数式仪表，一般用于测量电路、电机绕组、电缆、电气设备等的绝缘电阻。万用表测量的一般为低压条件下的绝缘电阻，而兆欧表测量的一般为高压条件下的绝缘电阻。

手摇兆欧表又称为摇表，其刻度是以兆欧 ($M\Omega$) 为单位的，输出功率大，短路电流值高，输出电压等级多。它由一个摇柄、刻度盘和三个接线柱 (L—线路端、E—接地端、G—屏蔽端) 组成，如图 1-1-16 所示。手摇兆欧表由手摇发电机产生高压并施加在被测物体上，通过测量流经被测物体的电流来测量其绝缘电阻。根据所测电压的不同，常用的手摇兆欧表有 500V、1000V、2500V 三种。无特殊规定时，若工作电压在 500V 及以下，则使用 500V 的手摇兆欧表测量；若工作电压在 500V 以上 3000V 以下，则使用 1000V 的手摇兆欧表测量；若工作电压在 3000V 及以上，则使用 2500V 的手摇兆欧表测量。

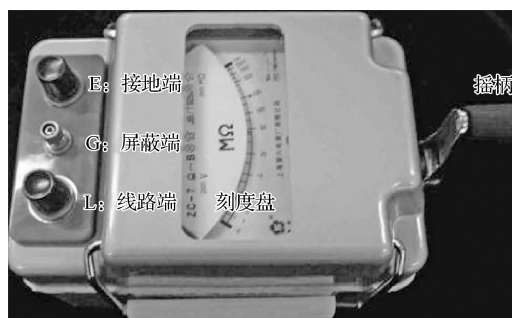


图 1-1-16 手摇兆欧表

1) 手摇兆欧表使用前的检查

- (1) 检查手摇兆欧表连接线的绝缘层是否完好、有无破损。
- (2) 检查手摇兆欧表固定接线柱有无滑牙。

(3) 进行开路试验：水平放置手摇兆欧表，并将连接线开路，以每分钟 120 转的速度摇动摇柄。在开路试验中，指针应指向无穷大（在开路试验过程中双手不能触碰线夹的导体部分，试验完成后，相互触碰线夹放电），如图 1-1-17 所示。

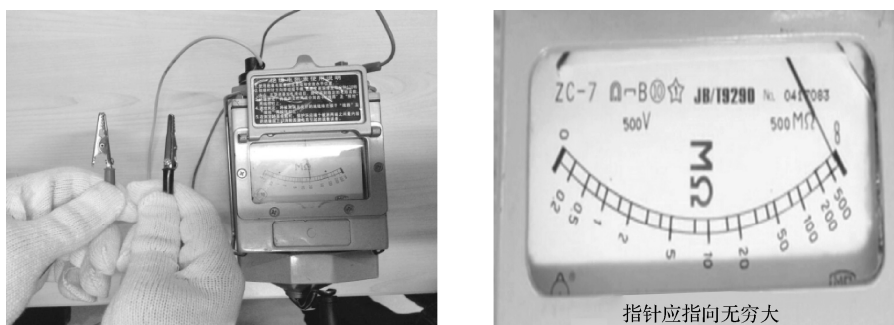


图 1-1-17 手摇兆欧表的开路试验

(4) 进行短路试验：以每分钟 120 转的速度摇动摇柄，使 L 和 E 两个接线柱输出线瞬时短接。在短路试验中，指针应迅速指向零，如图 1-1-18 所示。在短路试验中，注意在摇动摇柄时不能让 L 和 E 短接时间过长，否则将损坏兆欧表。

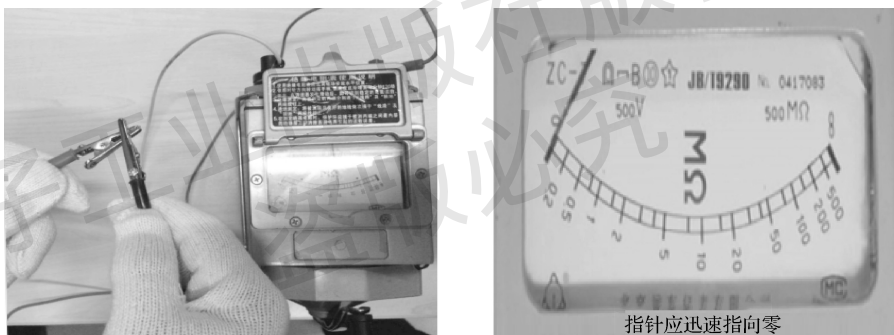


图 1-1-18 手摇兆欧表的短路试验

2) 手摇兆欧表使用注意事项

- (1) 使用手摇兆欧表测量高压设备的绝缘电阻时，应由两人进行。
- (2) 应根据被测设备电压等级的不同选用合适的手摇兆欧表。
- (3) 测量用的导线应使用绝缘导线，其端部应有绝缘套。
- (4) 手摇兆欧表与被测设备之间应使用单股线分开单独连接，并保持线路表面清洁干燥，避免因线与线之间绝缘不良引起误差。
- (5) 测量绝缘电阻时，必须将被测设备从各方面断开，验明无电压，确实证明设备无人操作后方可进行。在测量过程中禁止他人接近设备。
- (6) 在测量绝缘电阻前后，必须将被测设备对地放电。被测设备必须与其他电源断开，以保护设备及人身安全。
- (7) 测量线路绝缘电阻时，应取得对方允许后方可进行。
- (8) 在有感应电压的线路（同杆架设的双回线路或单回线路与另一线路有平行段）上测量绝缘电阻时，必须将另一线路同时停电，方可进行。
- (9) 在带电设备附近测量绝缘电阻时，测量人员和手摇兆欧表安放位置必须选择适当，

保持安全距离，以免手摇兆欧表引线或引线支持物触碰带电部分。移动引线时，必须注意监护，防止工作人员触电。

(10) 摇测时，将手摇兆欧表置于水平位置，摇动摇柄时其端钮间不许短路。摇测电容器、电缆时，必须在摇动摇柄的情况下才能将接线拆开，否则，反充电将会损坏手摇兆欧表。

(11) 摇动摇柄时，应由慢渐快，均匀加速到 120r/min，并注意防止触电。摇动过程中，当指针指向零时，就不能再继续摇动，以防表内线圈发热损坏。

(12) 为了防止被测设备表面泄漏电阻，使用手摇兆欧表时，应将被测设备的中间层（如电缆壳芯之间的内层绝缘物）接于保护环。

(13) 禁止在雷电天气或在带高压导体的设备附近使用手摇兆欧表测量。

2. 数字兆欧表

新能源汽车高压维修中使用的数字兆欧表根据所测电压的不同，常用的有直流高压 250V、500V、1000V，以及交流高压 750V。新能源汽车高压维修中使用的数字兆欧表也称为绝缘测试仪，由主机、测量表笔、绝缘测试笔、鳄鱼夹等部件组成，如图 1-1-19 所示。绝缘测试仪一般由直流电压变换器将内置的电池电压转换为直流高压作为测试电压，这个测试电压施加于被测物体上，产生的电流经电流电压转换器转换为相应的电压值，送入模数转换器变为数字编码经微处理器计算处理，由显示器显示出相应的电阻值。

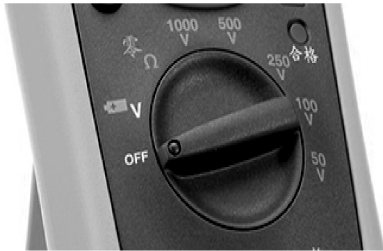


图 1-1-19 绝缘测试仪

1) 主机的结构

主机由旋转开关、按钮、指示灯、显示屏、壳体、护套等组成。

(1) 旋转开关。选择旋转开关的任意测量功能挡均可启动绝缘测试仪，带有蓝色标识的挡位，可通过主机上的蓝色按钮进行调节，调节的结果（如量程、测量单位、组合键等）由显示屏显示。旋转开关外形及测量功能如图 1-1-20 所示。



(a) 旋转开关外形

开关位置	测量功能
 V	AC（交流）或DC（直流）电压，从0.1V至600.0V
零Ω	Ohms（欧姆），从0.01Ω至20.00kΩ
1000V 500V 250V 100V 50V	Ohms（欧姆），从0.01MΩ至10.0GΩ。利用50V、100V、250V、500V和1000V进行绝缘测试

(b) 旋转开关测量功能

图 1-1-20 旋转开关外形及测量功能

(2) 按钮和指示灯。使用主机上的按钮可以激活相应的功能。主机上还有两个指示灯，当使用对应功能时，它们会点亮。按钮和指示灯分布及功能说明如图 1-1-21 所示。

(3) 显示屏。显示屏中各指示符用来显示测量结果、测量信息及出错信息，显示屏外形、显示信息及指示符含义如图 1-1-22 所示。



(a) 按钮和指示灯分布

按钮/指示灯	说明
	按蓝色按钮来选择其他测量功能挡
调用 储存	保存上一次绝缘电阻或接地耦合电阻测量结果
调用 储存	第二功能。检索保存在内存中的测量值
PI/DAR 比较	为绝缘测试设定通过/失败极限
PI/DAR 比较	第二功能。按此按钮来配置测试仪进行极化指数或介电吸收比测试。按测试按钮 开始测试
清除 锁定	测试锁定。如果在按测试按钮之前按下此按钮，则在再次按下锁定或测试按钮解除锁定之前，测试将保持在活动状态
清除 锁定	第二功能。清除所有内存内容

(b) 按钮和指示灯功能说明1

按钮/指示灯	说明
	打开或关闭背光灯。背光灯在2min后熄灭
	当旋转开关处于INSULATION（绝缘）位置时，启动绝缘测试，使测试仪供应（输出）高电压并测量绝缘电阻。当旋转开关处于Ohms（欧姆）位置时，启动电阻测试
	危险电压警告。 符号表示在输入端检测到30V或更高电压（交流或直流取决于旋转开关的位置）。当旋转开关处于 V位置上显示屏显示OL时，以及在主显示位置上显示batt时，会出现该符号。当绝缘测试正在进行时， 符号也会出现
	通过指示灯。指示绝缘电阻测量值大于所选的比较限值

(c) 按钮和指示灯功能说明2

图 1-1-21 按钮和指示灯分布及功能说明



(a) 显示屏外形



(b) 显示屏显示信息

指示符	说明
锁定 	表示绝缘测试或电阻测试被锁定
>	负号和大于符号
	危险电压警告
	电池低电量。指示何时应更换电池。当显示 符号时，背光灯按钮被禁用以延长电池寿命。为了避免因读数出错导致触电或人身伤害，当显示电池低电量符号时，应尽快更换电池

(c) 显示屏指示符含义1

指示符	说明
PI DAR	极化指数或介电吸收比测试被选中
	导线零电阻功能启用
VAC, VDC, Ω , k Ω , M Ω , G Ω	测量单位
8888	主显示
	绝缘测试指示符。当施加绝缘测试电压时，显示该符号
V _{DC}	伏特（V）
1888	辅显示
比较	表示所选的通过/失败比较值
18储存号	储存位置

(d) 显示屏指示符含义2

指示符	说明
batt	出现在主显示位置，表示电池电量过低，不足以可靠运行。更换电池之前测试仪不能使用，当主显示位置出现batt符号时，也会显示
>	表示超出量程范围的值
CALErr	校准数据无效。请校准测试仪

(e) 显示屏指示符含义3

图 1-1-22 显示屏外形、显示信息及指示符含义

2) 绝缘测试仪使用注意事项

(1) 连接测试导线与电路或设备时，在连接带电的测试导线之前先连接公共（COM）测试导线；在拆下测试导线时，要先断开带电的测试导线，再断开公共测试导线。

(2) 为了避免触电造成人身伤害，或损坏绝缘测试仪，在测试前，应断开电路电源并将所有高压电容器放电。

(3) 电阻测量和绝缘测量功能只有在不通电的电路上才能进行，测量之前，需要确认被测电路处于断开状态。

(4) 如果在按下测试按钮时，绝缘测试仪发出“哔哔”声，则测试将由于探头上存在电压而被禁止。

(5) 当电阻超过最大显示量程时，绝缘测试仪显示“>”或“\”。

(6) 定期用湿布和温和的清洁剂清洁绝缘测试仪的外壳，不要使用腐蚀性或溶剂。端子若弄脏或潮湿可能会影响读数。在使用绝缘测试仪之前先等待一段时间直到绝缘测试仪干燥。

(7) 当显示屏出现电池低电量符号时应尽快更换电池。

3. 绝缘拆装工具识别与初始检查

绝缘拆装工具通常由两层绝缘层构成。绝缘拆装工具内部的绝缘层大多数为黄色，而外部的绝缘层则为橘色。双重绝缘层的作用是为使用者提供安全预警：若绝缘拆装工具的绝缘部分受到磨损或破坏以致露出内部的黄色绝缘层，则必须废弃该绝缘拆装工具并更换新的、完好的绝缘拆装工具。常用的绝缘拆装工具中包含绝缘扳手、绝缘棘轮扳手、绝缘套筒和绝缘螺钉旋具、绝缘钳等，如图 1-1-23 所示。



图 1-1-23 绝缘拆装工具

三、新能源汽车高压作业安全用具识别与检查

新能源汽车高压作业安全用具是指在进行新能源汽车高压作业时应配置的保护人身安全和防止误入带电间隔，以及防止误操作的安全用具。新能源汽车高压作业安全用具主要有高压绝缘救援钩、高压绝缘垫、高压安全防护栏、安全标示牌等。

1. 高压绝缘救援钩准备

高压绝缘救援钩（见图 1-1-24），简称绝缘钩，由 U 形钩和绝缘杆两部分组成，适用于新能源汽车维修工作场所的救援工作。在需要两人配合作业的场景内，需要一人进行高压作业，另一人持绝缘钩进行保护，从而保证在发生触电事故时能第一时间将触电人员拖出危险区域。

绝缘钩的 U 形钩一般经过热处理，绝缘杆的标准长度为 1.5m 和 2.0m，绝缘杆材质为玻璃或木质。在使用之前，应确认绝缘钩的绝缘层是否有破损，使用过程中应注意 U 形钩接触人体的部位为腰部，过高或过低均会导致人员出现伤害。



图 1-1-24 高压绝缘救援钩

2. 高压绝缘垫铺设与检查

高压绝缘垫（见图 1-1-25）用来铺设新能源汽车高压作业区域的地面，以将作业人员与地面隔离。在实施新能源汽车高压作业之前，应确认绝缘垫无破损、无油渍、铺贴良好。

3. 高压安全防护栏安装

在新能源汽车维修作业中，高压安全防护栏（见图 1-1-26）常用于防止非相关人员进入高压作业区域。在正式实施新能源汽车维护与修理作业前，应将高压安全防护栏安放就位，防止其他人员闯入高压作业区域。



图 1-1-25 高压绝缘垫

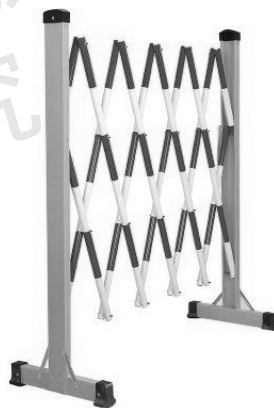


图 1-1-26 高压安全防护栏

4. 安全标示牌使用

1) 安全标示牌的分类



图 1-1-27 安全标示牌

常用的安全标示牌（见图 1-1-27）分为四类七种，具体如下。

（1）禁止类：如“禁止合闸，有人工作！”和“禁止合闸，线路有人工作！”。

（2）警告类：如“止步，高压危险！”和“禁止攀登，高压危险！”。

（3）准许类：如“在此工作！”和“由此上下！”。

（4）提醒类：如“已接地！”。

2) 禁止类标示牌悬挂的场所

禁止类标示牌悬挂在一经合闸即可送电到施工设备或施工线路的断路器和隔离开关的操作手柄上。

3) 警告类标示牌悬挂的场所

- (1) 禁止通行的过道或门上。
- (2) 工作地点邻近带电设备的围栏上。
- (3) 在室外构架上工作时，挂在工作地点邻近带电设备的横梁上。
- (4) 已装设的临时遮栏上。
- (5) 进行高压试验的地点附近。

4) 准许类标示牌悬挂的场所

- (1) 室外和室内工作地点或施工设备上。
- (2) 供工作人员上、下的铁架、梯子上。

5) 提醒类标示牌悬挂的场所

提醒类标示牌悬挂在已接地线的隔离开关的操作手柄上。

6) 安全标示牌悬挂数量规定

- (1) 禁止类标示牌的悬挂数量应与参加工作的班组数相同。
- (2) 提醒类标示牌的悬挂数量应与装设接地线的组数相同。
- (3) 警告类和准许类标示牌的悬挂数量可视现场情况适量悬挂。

四、新能源汽车高压部件识别

1. 高压警示标志识别

每个高压部件的壳体上都带有一个标志，如图 1-1-28 所示。由于高压导线长度较长，因此用橙色警告色标记出所有高压导线与高压安全插头，如图 1-1-29 所示。

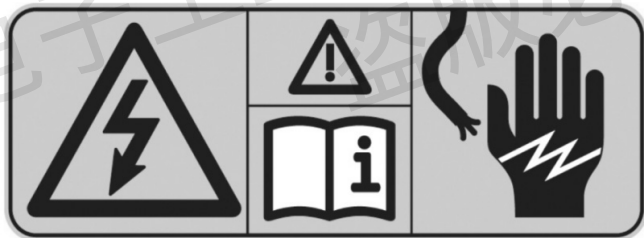


图 1-1-28 高压警示标志

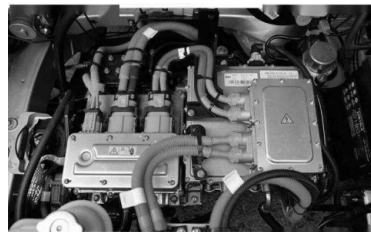


图 1-1-29 高压导线与高压安全插头

(扫码见彩图)



2. 五菱宏光 MINIEV 汽车高压部件识别

1) 动力电池

如图 1-1-30 所示，五菱宏光 MINIEV 汽车的动力电池位于汽车底部，是汽车的储能部件，用来为全车提供电能。



图 1-1-30 动力电池

2) 驱动电机与电机控制器

如图 1-1-31 所示，五菱宏光 MINIEV 汽车的驱动电机与电机控制器安装在汽车底部（车辆尾端方向），是微型新能源汽车的动力部件，其作用是将动力电池的电能转换为机械能并按驾驶需求调节输出动力。

3) 充电插座

如图 1-1-32 所示，五菱宏光 MINIEV 汽车的充电插座位于汽车前端，外面有盖子保护，在充电前按压盖子即可弹开，就可以连接充电线给汽车充电。

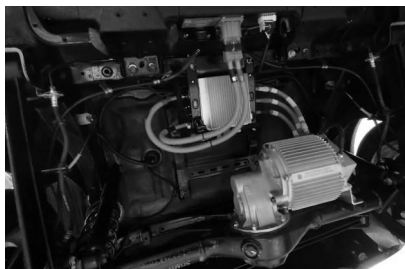


图 1-1-31 驱动电机与电机控制器

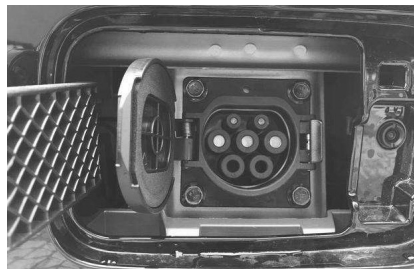


图 1-1-32 充电插座

4) 三合一控制器

如图 1-1-33 所示，五菱宏光 MINIEV 汽车的三合一控制器位于汽车前舱，其功能是分配汽车高压电能，保护汽车动力电池安全、自动充满电，将动力电池的高压直流电转换为低压电器能够使用的 12V 低压直流电，并为低压蓄电池充电。



图 1-1-33 三合一控制器

5) 电动压缩机与 PTC 加热器

五菱宏光 MINIEV 汽车的电动压缩机位于三合一控制器下方侧面，是汽车的制冷部件，其外形如图 1-1-34 所示。PTC 加热器位于车厢内部的仪表板下方，集成在空调系统内部，外观不可见，用来向汽车车厢内部提供暖风。



图 1-1-34 电动压缩机



任务考评

本任务内容的考核与评分如表 1-1-2 所示。

表 1-1-2 考核与评分表

考核内容	考核要求	评分标准	配分	得分		
				自评	互评	教师评
1. 车辆基本检查	(1) 正确放置车轮挡块; (2) 正确安装座椅套、方向盘套、手制动杆(俗称手刹)套、脚垫; (3) 正确检查蓄电池电压	错误一处扣 5 分	20			
2. 车辆基本信息检查	准确记录车辆基本信息	错误一处扣 5 分	10			
3. 绝缘安全防护用具的检查与穿戴	(1) 正确检查绝缘安全防护用具; (2) 正确穿戴绝缘安全防护用具	错误一处扣 3 分	10			
4. 绝缘工具的识别与初始检查	(1) 正确检查与使用手摇兆欧表; (2) 正确检查与使用绝缘测试仪; (3) 正确检查与使用绝缘拆装工具	错误一处扣 2 分	10			
5. 安全用具识别与检查	(1) 正确检查与使用绝缘钩; (2) 正确铺设与检查高压绝缘垫; (3) 正确安装高压安全防护栏; (4) 正确安放安全标示牌	错误一处扣 5 分	20			
6. 高压部件识别	(1) 准确识别高压警示标志; (2) 准确识别动力电池; (3) 准确识别驱动电机与电机控制器; (4) 准确识别充电插座; (5) 准确识别三合一控制器; (6) 准确识别电动压缩机; (7) 准确识别 PTC 加热器	错误一处扣 3 分	20			
7. 职业素养	(1) 学习态度: 积极主动参与学习; (2) 团队合作: 与小组成员一起分工合作, 不影响学习进度; (3) 现场管理: 服从工位安排、执行实训室管理规定	不足之处扣 3 分	10			
8. 安全文明生产	自觉遵守安全文明生产规程	违反一项规定扣 5 分				
合计	—	—	100			
操作时间	开始时间: 结束时间: 实际用时:					

任务2 动力电池检测与维修

学习目标

1. 能描述动力电池的组成与功能。
2. 能描述动力电池的要求与类型。
3. 能描述动力电池的常用术语与技术参数。
4. 能描述锂离子电池的种类、组成、工作原理与连接方式。
5. 能描述电池管理系统的组成与功能。
6. 能检查与维护动力电池。
7. 能拆装动力电池。
8. 能检测与维修五菱宏光 MINIEV 汽车不上电故障。

任务分析

动力电池，全称动力电池供电系统，俗称动力电池包，是由一个或一个以上电池模组及相应附件等构成的为新能源汽车整车提供电能的能量存储装置。动力电池是新能源汽车的“心脏”，“心脏”的好坏决定了车辆续驶里程的长短。准确地描述动力电池的类型、结构，正确地识别动力电池的各部件，精准地进行动力电池的基本检查、维护与检测，规范地拆装动力电池，是新能源汽车检修专业技能型人才不可或缺的知识与技能。

任务准备

一、动力电池的组成与功能

1. 动力电池的组成

微型新能源汽车动力电池如图 1-2-1 所示。动力电池是一个总成，由电池模组、电池管理系统（BMS）、电池箱、热管理系统、高低压线束、保护外壳、其他结构件等组成。

1) 电池模组

电池模组由许多集成在一起的电池单体（电芯）组成，是输出和存储电能的机构。

2) 电池管理系统

电池管理系统由主控管理单元（BMU）、从控管理单元（CSC/BDU）及辅助元器件等组成。它通过对电压、电流、温度及电量等参数的采集，进而计算并控制电池模组的充放电过程，实现对动力电池的保护，保证动力电池能够在最佳的环境下，发挥最好的性能。

3) 电池箱

电池箱是整个动力电池的载体，起到密封和保护动力电池内部元器件的作用。

4) 热管理系统

热管理系统可以使动力电池工作在最佳工作温度。

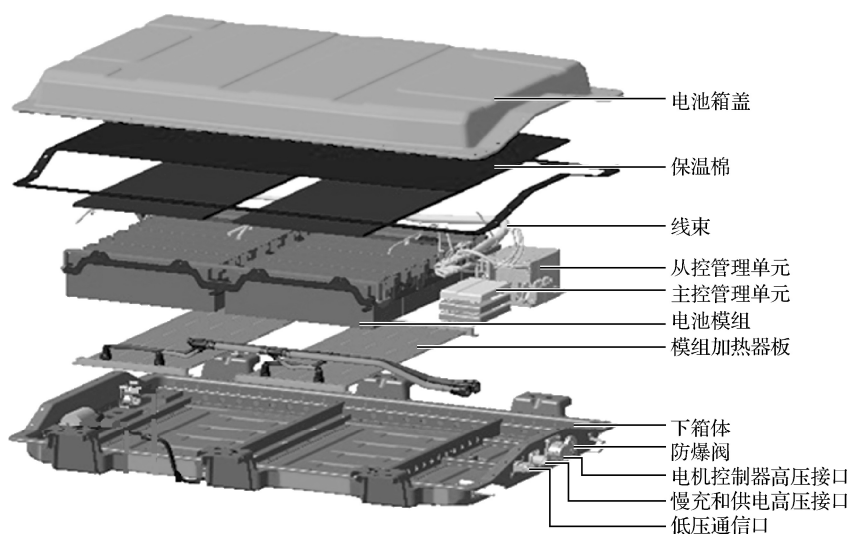


图 1-2-1 微型新能源汽车动力电池

2. 动力电池的功能

1) 为全车高压用电设备供电

如图 1-2-2 所示，动力电池直接或通过高压配电盒向全车的高压用电设备供电。

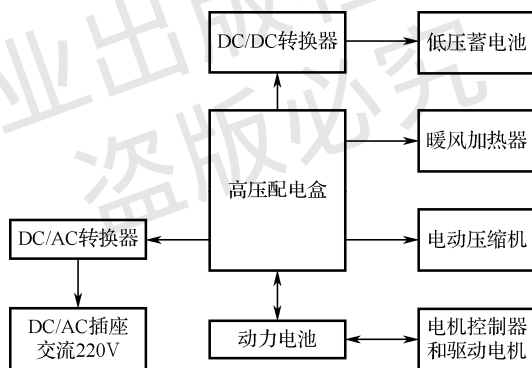


图 1-2-2 动力电池供电示意图

(1) 动力电池通过高压配电盒给暖风加热器、电动压缩机、直流/交流（DC/AC）转换器、直流/直流（DC/DC）转换器供电。

(2) 动力电池直接为电机控制器供电，作为驱动电机的动力源。

2) 对动力电池的运行环境进行安全监测

当动力电池出现过电压、欠电压、过电流、过高温和过低温时，需要进行保护。同时还要进行 SOC 估算、充放电管理、均衡控制、故障报警等，这些措施的最终目的是提高电池的利用率，防止电池出现过充电或过放电，延长电池的使用寿命，保证用电安全。

二、微型新能源汽车对动力电池的要求

1. 比能量高

为了提高微型新能源汽车的续驶里程，要求动力电池尽可能储存较多的能量，但是汽车太重又会影响续驶里程。另外，汽车用来安装动力电池的空间也有限，这就要求动力电池必

须具有较高的比能量。

2. 比功率高

微型新能源汽车需要在加速行驶、爬坡和负载行驶等工况下工作并且能和燃油汽车竞争，这就要求动力电池必须具有较高的比功率。

3. 循环寿命长

动力电池的循环寿命越长，动力电池在正常使用周期内支撑微型新能源汽车行驶的里程越长，有助于降低车辆在使用周期内的运行成本。

4. 均匀一致性好

微型新能源汽车的动力电池工作电压大多需要达到数百伏，这就要求上百个电池进行串联才能达到如此高的电压；另外，为了满足微型新能源汽车的容量要求，需要单个电池进行并联。而在动力电池的工作过程中，电池单体的技术状况将影响整个动力电池。因此，要求各电池单体的均匀一致性好。

三、动力电池的分类

按照工作原理不同，动力电池可分为化学电池、物理电池和生物电池三种类型。化学电池和物理电池已经在汽车中使用，而生物电池则被视为未来动力电池的重要发展方向之一。

1. 化学电池

化学电池是将化学能直接转换为电能的装置，是当前新能源汽车中使用最为广泛的电池之一，主要由电解质溶液、浸在溶液中的正极和负极组成。化学电池按照不同的分类方式可分为不同的类型。按工作性质不同，化学电池可分为原电池、蓄电池、燃料电池和储备电池；按电解质不同，化学电池可分为酸性电池、碱性电池、中性电池、有机电解质电池、非水无机电解质电池、固体电解质电池等；按特性不同，化学电池可分为高容量电池、密封电池、高功率电池、免维护电池、防爆电池等；按正负极材料不同，化学电池可分为锌系列电池、镍系列电池、铅系列电池、锂系列电池等。

1) 原电池（一次电池）

原电池，又称为非蓄电池或干电池，利用两个电极之间金属性的不同而产生电势差，从而使电子流动产生电流。原电池能将化学能转换为电能，其电化学反应不能逆转，即不能重新储存电力，原电池常见类型如图 1-2-3 所示。



图 1-2-3 原电池常见类型

2) 蓄电池（二次电池）

蓄电池是指在放电后可通过充电的方法使活性物质复原而继续使用的装置，这种电池的充放电次数可达上千次，主要包括铅酸电池、镍金属氢化物（NiMH）电池、锂离子电池等。目前微型新能源汽车通常使用的动力电池为锂离子电池，如图 1-2-4 所示。



图 1-2-4 锂离子电池

3) 燃料电池（连接电池）

燃料电池是指参加反应的活性物质从电池外部连续不断地输入电池内部，电池就连续不断地工作，提供电能。如图 1-2-5 所示，燃料（氢气）和氧气分别进入燃料电池，电能就被生产出来。从外表上看，它和普通电池一样有正极、负极和电解质等，像一个蓄电池，但其实质上是一个“发电厂”，因能量转换效率高、无污染、寿命长、运行平稳等特点被公认为未来新能源领域的最佳能源。

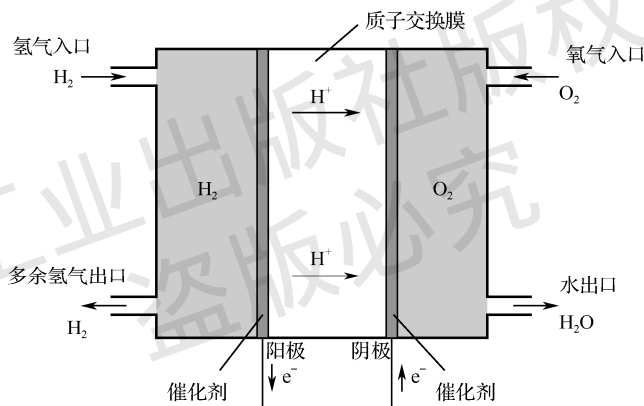


图 1-2-5 燃料电池工作原理

4) 储备电池（激活电池）

储备电池的正负极与电解液在储存期间不直接接触，使用前注入电解液或者使用其他方法使电解液与正负极接触，此后电池进入待放电状态。常见的储备电池有镁电池、热电池等。

2. 物理电池

物理电池是指利用光、热、物理吸附等物理能量发电的装置，如太阳能电池、超级电容、飞轮电池等。

1) 太阳能电池

太阳能电池是指通过光电效应或者光化学效应直接把光能转换成电能的装置。图 1-2-6 所示的太阳能电池是利用太阳光直接发电的光电半导体薄片，它只要被光照到，瞬间就可输出电压与电流。

2) 超级电容

超级电容依靠双电层和氧化还原电容电荷储存电能，在其储能的期间不发生化学反应，因此被归为物理电池的范畴。超级电容有三大明显优势：第一，能反复充放电达数十万次，寿命长；第二，充放电时的功率密度极高，瞬间可放出大量电能；第三，室外温度在 $-40\sim 65^{\circ}\text{C}$

时，能稳定、正常地工作。但是，能量密度低是制约超级电容发展的主要瓶颈。

3) 飞轮电池

飞轮电池主要由飞轮转子、电池轴承、电机定子和高真空室组成，如图 1-2-7 所示。飞轮转子是飞轮储能系统的核心部件，当飞轮转子以一定角速度旋转时，它就具有一定的动能，飞轮围绕电池轴承在定子磁场内旋转，将动能转换为电能。高真空室用来提供真空环境，降低飞轮旋转时的风阻损耗。

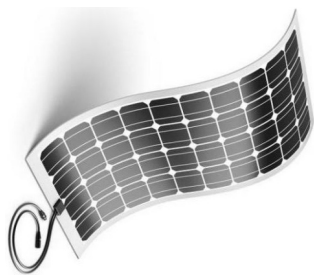


图 1-2-6 太阳能电池

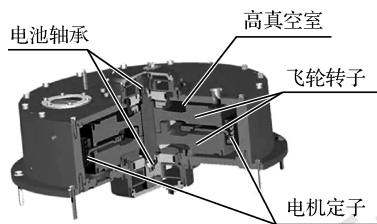


图 1-2-7 飞轮电池内部结构图

3. 生物电池

生物电池是指将生物质能直接转换为电能的装置。从原理上来讲，生物质能能够直接转换为电能主要是因为生物体内存在与能量代谢关系密切的氧化还原反应。这些氧化还原反应彼此影响，互相依存，形成网络，进行生物的能量代谢。常见的生物电池有微生物电池、酶电池、生物太阳能电池等。

四、动力电池的常用术语与技术参数

1. 动力电池的常用术语

1) 电池单体

电池单体也称为电芯，是指直接将化学能转换为电能的基本装置和基本单元，是构成动力电池的基本元器件，包括电极、隔膜、电解液和外壳等。电池单体在物理结构上是构成动力电池的最小单元，可作为一个单元替换。

2) 电池模组

电池模组由一个以上的电池单体并联或串联而成，并封装在一个物理上独立的电池壳体内，具有独立的正极和负极输出，可能包含监测电路与保护装置。

3) 电池管理系统

电池管理系统用于监测电池的状态（温度、电压、荷电状态等），可以为动力电池提供通信、安全、电池单体均衡及管理控制，并提供与应用设备间通信的系统。

4) 电池箱

电池箱用于盛装电池组、电池管理系统及相应辅助元器件，并包含机械连接、电气连接、防护等功能的总成。

5) 动力电池（动力电池包）

动力电池通常包括电池组、电池管理系统、电池箱及相应附件（冷却部件、连接电缆等），具有从外部获得电能并可对外输出电能的单元。电池单体、电池组和动力电池之间的关系如图 1-2-8 所示。

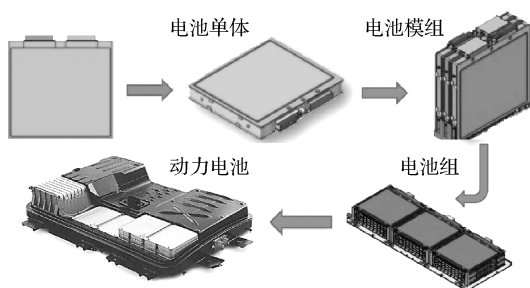


图 1-2-8 电池单体、电池组和动力电池之间的关系

6) 正极与负极

电位较高的电极为正极，电位较低的电极为负极；放电时，外电路电流从正极流经负载流入负极，在电池内部电流从负极流入正极。

7) 活性物质

活性物质是指正负极中参加成流反应的物质，它能够通过化学反应产生电能。

8) 内压

内压是指电池的內部气压，由密封电池在充放电过程中产生的气体所致，主要受电池材料、制造工艺、电池结构等因素影响。

2. 动力电池的技术参数

1) 电压

(1) 电动势：又称为标准电压或理论电压，是电池断路时正负极间的电位差。

(2) 端电压：当有电流流动时，电池正极与负极之间的电位差。

(3) 开路电压：电池没有负荷时，即未充放电时正负极两端的端电压，单位为 V。开路电压并不等于电池的电动势（电池的电动势是通过热力学函数自由能的变化计算而得到的，而电池的开路电压则是实际测量出来的），其数值与电池体系及荷电状态有关。例如，锂离子电池充电时的开路电压一般为 4.1~4.2V，充完电后的开路电压一般为 3.7~3.8V。

(4) 标称电压：电池 0.2C 放电时全过程的平均电压。

(5) 工作电压：电池在工作时（有负荷时）正负极两端的端电压，也叫作闭路电压，通常是一个电压范围。工作电压的值与电池体系、工作电流（倍率）、工作温度、充电条件有关。

(6) 额定电压：又称为公称电压，指在标准规定条件下，电池工作时应达到的电压。例如，锌锰干电池的额定电压为 1.5V，镉镍电池的额定电压为 1.2V，铅酸蓄电池的额定电压为 2V，锂离子电池的额定电压为 3.6V。

(7) 充电电压：外电路对电池充电的电压，一般充电电压要大于电池的开路电压。

(8) 充电终止电压：电池充满电时，极板上活性物质达到饱和状态，随着继续充电，电池电压不再升高，此时的电压称为充电终止电压。

(9) 放电终止电压：电池放电终止时的电压值。它受负载和使用要求等因素影响。当电池的电压下降到放电终止电压后，再继续使用电池放电，会缩短电池寿命。

(10) 电压效率：电池工作电压与电池电动势的比值。

2) 容量

在一定的放电条件下，电池所能放出的电量称为容量，用 C 表示，单位为 A·h 或 mA·h。容量是电池性能的重要指标，电池的容量包括理论容量、实际容量和额定容量等。

(1) 理论容量：把活性物质的质量按法拉第定律计算得到的最高理论值。为了比较不同

系列的理论容量,常用比容量,即单位体积或单位质量电池所能放出的理论电量,单位为 $\text{A}\cdot\text{h/L}$ (体积比容量) 或 $\text{A}\cdot\text{h/kg}$ (质量比容量)。电池组的额定容量值由厂家根据实际情况确定,一般都低于电池单体的额定容量值。

(2) 实际容量: 电池在一定条件下放出的实际电量。它等于放电电流与放电时间的乘积,单位为 $\text{A}\cdot\text{h}$, 其值小于理论容量。电池的实际容量主要取决于活性物质的数量、质量和利用率等因素。

(3) 额定容量: 也叫作保证容量,是按国家或有关部门颁布的标准,保证电流在一定的放电条件下,应该放出的最小限度的电量。

(4) 剩余容量: 电池剩余的可再继续释放出来的电量。

3) 内阻

电流流过电池内部受到的阻力称为内阻,它使电池电压降低。由于电池内阻的存在,电池放电时的端电压低于电动势和开路电压。电池内阻不是常数,其值越小越好,内阻大小主要受电池材料、制造工艺、电池结构等因素影响。内阻包括欧姆内阻和极化内阻。欧姆内阻由集流体、电极材料、电解液、隔膜电阻及各部分零件的接触电阻组成。极化内阻是指发生电化学反应时由极化引起的电阻,包括电化学极化和浓差极化引起的电阻。大电流放电和低温放电时,内阻对放电特性的影响尤为明显。

4) 能量

能量是指在一定放电强度下,电池所能输出的电能,单位是 $\text{W}\cdot\text{h}$ 或 $\text{kW}\cdot\text{h}$ 。

(1) 理论能量: 电池的理论容量与额定电压的乘积。它是在规定的放电条件下,电池所能输出的能量。

(2) 实际能量: 电池的实际容量与平均工作电压的乘积。它是在一定条件下,电池所能输出的能量。

(3) 能量密度: 又称为比能量,是指电池单位质量输出的电能,单位为 $\text{W}\cdot\text{h/kg}$ 。电池的比能量反映了电池的质量水平,是评价动力电池是否满足预定续驶里程的重要指标。比能量有理论比能量和实际比能量之分,理论比能量是指 1kg 电池反应物质完全放电时理论上所能输出的能量;实际比能量是指 1kg 电池反应物质所能输出的实际能量。由于各种因素的影响,电池的实际比能量远小于理论比能量。

注意,电池单体和动力电池的比能量是不一样的。由于电池组合时总要有连接条、外部容器和内包装层等,故动力电池的比能量总是小于电池单体的比能量。

(4) 负载能力: 当电池的正负极两端连接在用电器上时,带动用电器工作时的输出功率。

5) 荷电状态

荷电状态(SOC)是指电池在一定放电倍率下,剩余电量与相同条件下额定容量的比值。SOC反映电池容量的变化。SOC=1表示电池为充满状态。随着电池的放电,电池的电荷逐渐减少,此时电池的充电状态可用SOC百分数的相对量来表示电池中电荷的变化状态。一般电池放电高效率区为50%~80% SOC。

6) 功率

功率是指电池在一定放电条件下,单位时间内所能输出的能量的大小,单位为 W 或 kW 。电池的功率决定了车辆的加速性能和爬坡能力。

(1) 比功率: 单位质量电池所能输出的功率,单位为 W/kg 或 kW/kg 。

(2) 功率密度: 单位体积电池所能输出的功率,单位为 W/L 或 kW/L 。

7) 输出效率

动力电池充电时把电能转换为化学能并存储起来，放电时把电能释放出来，在这个可逆的电化学转换过程中，有一定的能量损耗。输出效率通常用电池的容量效率和能量效率来表示。

(1) 容量效率：电池放电时输出的容量与充电时输入的容量之比。

(2) 能量效率：电池放电时输出的能量与充电时输入的能量之比。

8) 放电

(1) 放电：电流从电池流经外部电路的过程，此时化学能转换为电能。

(2) 放电特性：电池放电时所表现出来的特性，如放电曲线、放电容量、放电倍率、放电深度、持续放电时间等。

(3) 放电曲线：电池放电时其电压随时间变化的曲线。

(4) 放电容量：电池放电时释放出来的电荷量，一般用时间与电流的乘积表示，如 $A \cdot h$ 或 $mA \cdot h$ 。

(5) 放电倍率（放电率）：表示放电快慢的一种量度，是指电池在规定时间内放出其额定容量（ C ）时所需要的电流值，它在数值上等于电池额定容量的倍数。根据放电倍率的大小，可分为低倍率（ $<0.5C$ ）、中倍率（ $0.5 \sim 3.5C$ ）、高倍率（ $3.5 \sim 7C$ ）、超高倍率（ $>7C$ ）。

(6) 放电深度（DOD）：表示电池放电程度的一种量度，为放电容量与额定容量的比值，单位为%。例如，80% DOD，是指电池放出额定容量的 80% 时停止放电。当电池的放电深度越深时，其充电寿命越短，会导致电池的使用寿命越短，因此在使用电池时应尽量避免深度放电。电池理论寿命与放电深度的关系如图 1-2-9 所示。

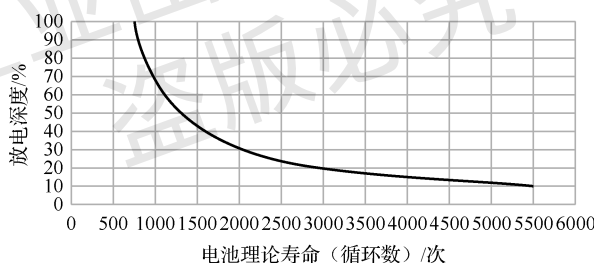


图 1-2-9 电池理论寿命与放电深度的关系

(7) 持续放电时间：电池在一定的外部负荷下在规定的终止电压前所放电时间之和。

(8) 自放电率：电池在存放期间容量的下降率，即电池无负荷时自身放电使容量损失的速度。自放电率用单位时间内容量降低的百分数表示。

(9) 荷电保持能力：电池充满电保存一段时间后，以一定倍率放电，放电容量与实际容量的比值。

(10) 过放电：在低于规定的终止电压时继续放电。此时容易发生漏液或电池的使用寿命受到影响。

9) 充电

(1) 充电：利用外部电源使电池的电压和容量上升的过程，此时电能转换为化学能。

(2) 充电特性：电池充电时所表现出来的特性，如充电曲线、充电容量、充电倍率、充电深度、充电时间等。

(3) 充电曲线：电池充电时其电压随时间变化的曲线。

(4) 过充电：超过规定的充电终止电压而继续充电的过程，此时电池的使用寿命及安全

性等会受到影响。

(5) 恒流充电：在恒定的电流下，对电池充电的过程。一般设置充电终止电压，当电压达到该值时，充电过程结束。

(6) 恒压充电：在恒定的电压下，对电池充电的过程。一般而言，该恒定的电压为充电终止电压。一般设置充电终止电流，当电流小于该值时，充电过程结束。

10) 使用寿命

使用寿命是指电池在规定条件下的有效寿命期限。电池发生内部短路或损坏而不能使用时，以及容量达不到规范要求时，电池使用失效，这时电池的使用寿命终止。

(1) 存储寿命：电池在没有负荷的一定条件下进行放置使性能劣化到规定程度时所能放置的时间。

(2) 循环寿命：在一定条件下，将电池进行反复充放电，当容量等电池性能达到规定的要求以下时所能发生的充放电次数。

(3) 日历寿命：电池在使用及搁置条件下使性能劣化到规定程度时所需要的时间。

11) 记忆效应

电池的记忆效应是指未完全放电的电池在下一次充电时所能充电的百分比。产生记忆效应的原因是电池内物质发生结晶，降低了电池负极的活性。为了消除电池的记忆效应，充电之前必须先完全放电。

五、锂离子电池

锂离子电池是 20 世纪 90 年代发展起来的高容量可充电的电池。它是以两个能可逆地嵌入与脱嵌锂离子的化合物作为正负极的二次电池。它没有一般电池中的氧化还原反应，电池反应的容量可通过嵌入正极活性物质中锂的量确定，能存储更多的电能，且具有循环寿命长、自放电率小、电池无记忆效应和不污染环境等优点，是当前新能源汽车动力电池普遍采用的电池类型。

1. 锂离子电池的分类

(1) 根据正极材料的不同，新能源汽车用锂离子电池可分为钴酸锂离子电池、锰酸锂离子电池、磷酸铁锂离子电池、钛酸锂离子电池和三元材料锂离子电池。

(2) 根据电解质材料的不同，新能源汽车用锂离子电池可分为液态锂离子电池和聚合物锂离子电池，这两种锂离子电池的正负极材料是相同的，其不同之处在于液态锂离子电池的电解质是锂盐+碳酸酯，聚合物锂离子电池的电解质是固态聚合物或凝胶聚合物。

(3) 根据外壳材料和外形的不同，新能源汽车用锂离子电池可分为圆柱形硬壳锂离子电池、方形硬壳锂离子电池、方形软包锂离子电池，如图 1-2-10 所示。目前，微型新能源汽车主要使用方形硬壳锂离子电池。各种类型的锂离子电池的性能比较如表 1-2-1 所示。



(a) 圆柱形硬壳锂离子电池



(b) 方形硬壳锂离子电池



(c) 方形软包锂离子电池

图 1-2-10 新能源汽车用锂离子电池的分类

表 1-2-1 各种类型的锂离子电池的性能比较

项目	圆柱形硬壳锂离子电池	方形硬壳锂离子电池	方形软包锂离子电池
一致性	较好	好	一般
散热能力	一般	较好	较好
倍率特性	一般	较好	较好
组装难度	容易	较难	容易
回收再利用	难	容易	一般
优点	(1) 生产工艺最成熟，一致性好； (2) 成本低	(1) 容易模块化、标准化； (2) 易于固定，热管理系统简单	形式可以多样化，比能量高
缺点	(1) 内阻大，电池单体内部不容易散热，寿命短； (2) 管理系统复杂； (3) 热管理系统复杂	(1) 安全防爆阀的设计要求高，一般不能侧放或倒立； (2) 比能量相对较低	(1) 不容易固定，容易鼓包； (2) 成本较高

2. 锂离子电池的组成

新能源汽车用锂离子电池由正极、负极、隔膜、电解液、外壳等组成。锂离子电池的组成如图 1-2-11 所示。

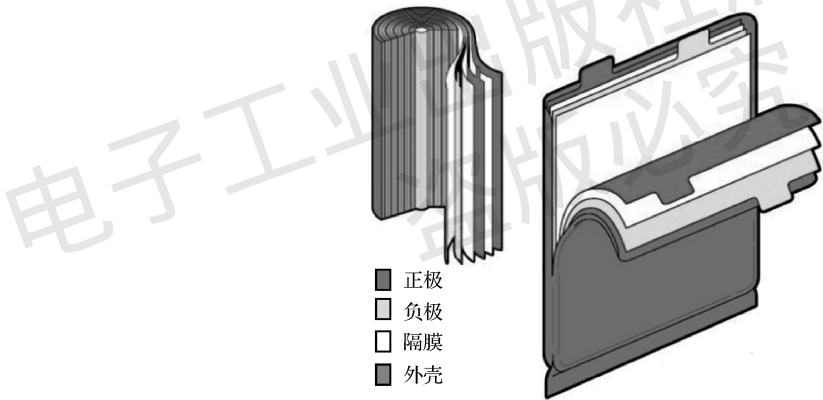


图 1-2-11 锂离子电池的组成

1) 正极

锂离子电池正极材料要求比能量高、比功率大、自放电少、价格低廉、使用寿命长、安全性好等。目前锂离子电池的正极材料有钴酸锂、锰酸锂、磷酸铁锂、钛酸锂和三元材料，其性能比较如表 1-2-2 所示。

表 1-2-2 锂离子电池常用的正极材料及其性能对比

名称		钴酸锂	锰酸锂	三元材料		磷酸铁锂	钛酸锂
				镍钴锰酸锂	镍钴铝酸锂		
电 压	标称值	3.60V	3.70V	3.60V	3.60V	3.20V	2.40V
	工作范围	3.0~4.2V	3.0~4.2V	3.0~4.2V	3.0~4.2V	2.5~3.65V	1.8~2.85V
比能量/(Wh/kg)		140~200	105	150~220	200~260	100~140	50~80

续表

充电	倍率	0.7~1C	0.7~1C	0.7~1C	0.7C	1C	1~5C
	终止电压	4.20V	4.20V	4.20V	4.20V	3.65V	2.85V
放电	倍率	1C	≤10C	1C	≤5C	≤10C	≤10C
	终止电压	2.50V	2.50V	2.50V	3.00V	2.50V	1.80V
循环寿命/次		500~1000	300~700	1000~2000	500	>2000	>9000
安全性		较好	较好	较好	较好	优秀	良好
工作温度范围		-20~55℃	-20~55℃	-20~55℃	-20~55℃	-20~60℃	-30~60℃
热失控温度		150℃（302℉）	250℃（482℉）	210℃（410℉）	150℃（302℉）	270℃（518℉）	一种最安全的锂离子电池
优点		快速充放电，比能量高，合成简单	工作电压高，功率特性优良，锰资源丰富，容易制备，安全性好，成本较低	高温稳定性高，抗电介质腐蚀性		稳定性高，安全可靠，循环寿命长，高温性能优，低温-20℃可正常工作	循环性好，稳定性高，可快速充电
缺点		材料成本高，安全性差	循环寿命短，比能量低	充放电时材料晶格会发生畸变，循环性能差		导电性一般，振实密度低	放电电压平台低，比能量较低，价格昂贵
性价比		低	低	一般		高	低

2) 负极

锂离子电池负极材料应满足的条件：①大量锂离子快速、可逆地嵌入和脱出；②锂离子嵌入、脱出的可逆性好；③在锂离子嵌入、脱出过程中，电极电位变化尽量小；④电极材料具有良好的表面结构；⑤锂离子在电极材料中具有较大的扩散系数，变化小。锂离子电池常用的负极材料及其性能对比如表 1-2-3 所示。

表 1-2-3 锂离子电池常用的负极材料及其性能对比

材料名称	容量/（A·h/g）	加工性能	高温稳定性	缺点
石墨类碳材	360	易	优	容量较小
硅类合金	2500	难	优	嵌入锂体积变化大
锡类合金	800~900	易	不稳定	大倍率充放电性能差
金属锂	3860	易	不稳定	产生枝晶，不安全

3) 电解液

电解液是实现锂离子在正负极迁移的媒介，对锂离子电池的容量、工作温度、循环效率及安全性都有重要影响。常用的电解质材料的比较如表 1-2-4 所示。

表 1-2-4 常用的电解质材料的比较

电解质种类	简称	特点
高氯酸锂	LiClO ₄	容易爆炸，主要在实验室用
四氟硼酸锂	LiBF ₄	对水分不敏感，稳定性较高，但导电性及循环性差
六氟砷酸锂	LiAsF ₆	性能好，不易分解，但价格昂贵，会引起砷中毒
六氟磷酸锂	LiPF ₆	电导率高，但易水解和热稳定性较低

续表

电解质种类	简称	特点
三氟甲基磺酰胺锂	LiN(SO ₂ CF ₃)	热稳定性高, 循环性好, 但电导率低
二草酸硼酸锂	LiBOB	热稳定性和电化学稳定性高, 但在溶剂体系中溶解度低, 电导率低

4) 隔膜

隔膜是一种特殊的复合材料, 功能是隔离正负极, 阻止电子穿过, 同时能够允许锂离子通过, 从而完成电化学充放电过程中锂离子在正负极之间的快速传输。隔膜的性能及其对电池性能的影响如表 1-2-5 所示。

表 1-2-5 隔膜的性能及其对电池性能的影响

序号	隔膜的性能	隔膜所起的作用	对电池性能的影响
1	隔离性	正负极颗粒的机械隔离	避免短路和微短路
2	电子绝缘性	阻止活性物质的迁移	避免自放电, 延长电池的寿命
3	一定的孔径和孔隙率	锂离子有很好的透过性	低内阻和高离子传导率, 可大电流放电
4	化学/电化学稳定性、耐湿性和耐腐蚀性	稳定地存在于溶剂和电解液中	电池的寿命长
5	电解液的浸润性	足够的吸液保湿能力	足够的离子导电性、高循环次数
6	力学性能和抗震能力	防止外力或者电极枝晶使隔膜破裂	电池的寿命长
7	自动关断保护性能	温度升高时自动闭孔	安全性好

5) 外壳

外壳采用钢或铝材料制成, 盖体组件应具有防爆断电的功能。

3. 锂离子电池的工作原理

锂离子电池充放电原理示意图如图 1-2-12 所示, 锂离子电池以碳材料为负极, 以含锂的化合物为正极, 没有金属锂存在, 只有锂离子, 锂离子电池主要依靠锂离子在正极和负极之间移动来工作。当电池充电时, 电池的正极上有锂离子生成, 生成的锂离子经过电解液运动到负极。而作为负极的碳呈层状结构, 它有很多微孔, 到达负极的锂离子嵌入碳层的微孔中, 嵌入的锂离子越多, 充电容量越大。同样, 当电池放电时, 也就是我们使用电池的过程, 嵌在负极碳层中的锂离子脱出, 又运动回正极。回正极的锂离子越多, 放电容量越大。

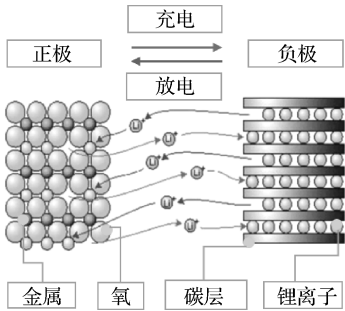


图 1-2-12 锂离子电池充放电原理示意图

4. 锂离子电池的连接方式

在新能源汽车中, 单个锂离子电池不能满足电压与电流的需求, 需要将多个锂离子电池通过串联和并联构成一个对外输出电能的电池模组。一个由并联的电池单体组合而成的电池模组, 其额定电压与电池单体的额定电压相等, 其容量等于电池单体容量与电池单体数量的乘积, 如图 1-2-13 所示。一个由串联的电池单体组合而成的电池模组, 其额定电压等于电池单体的额定电压的和, 其容量与电池单体容量相等, 如图 1-2-14 所示。动力电池的串、并联

方式通常用 xxP xxS (xx 并 xx 串) 来表示, 如 4P5S 代表先把 4 个电池单体并联, 然后把 5 组并联后的电池单体串联而形成的电池模组。五菱宏光 MINIEV 汽车的电池单体组成方式有两种, 一种是 4P26S (4 并 26 串), 成组后动力电池系统总电量为 9.2kWh, 用以满足 120km 续驶里程的车型使用; 另一种是 6P26S (6 并 26 串), 成组后动力电池系统总电量为 13.8kWh, 用以满足 170km 续驶里程的车型使用。

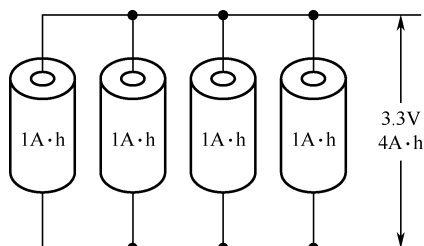


图 1-2-13 锂离子电池的并联

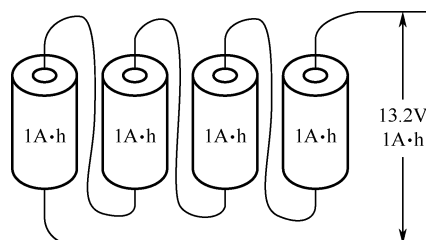


图 1-2-14 锂离子电池的串联

六、电池管理系统

1. 电池管理系统的功能

电池管理系统主要用于对动力电池参数进行实时监控、故障诊断、SOC 评估、续驶里程估算、短路保护、漏电监测、显示报警, 以及充放电模式选择等, 并通过 CAN 总线与车辆集成控制器或充电机进行信息交互, 保障汽车高效、可靠、安全地运行, 如图 1-2-15 所示。

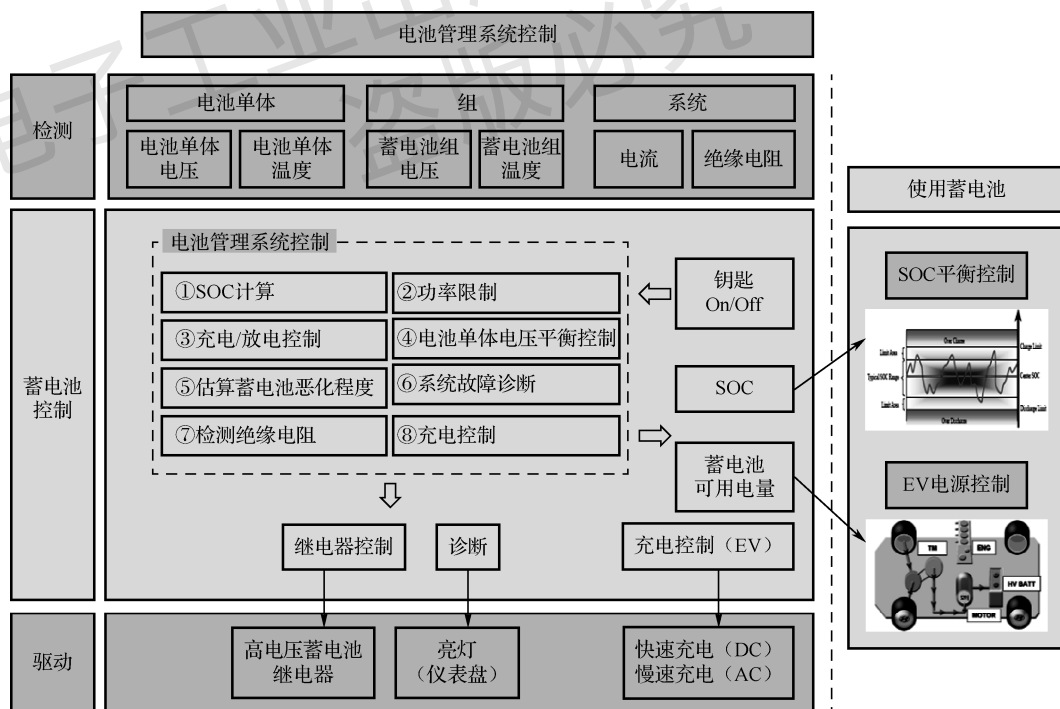


图 1-2-15 电池管理系统

1) 电池状态监测

电池状态监测一般是指对电压、电流、温度三种物理量的监测, 采集的数据有电池总电

压、电池总电流、每个电池箱内电池测点温度，以及电池单体电压等，对这些参数进行实时、快速、准确的测量是电池管理系统正常运行的基础。

2) 电池状态分析

电池状态分析包括荷电状态（SOC）评估及电池老化程度（SOH）评估两部分。

（1）SOC 评估。在新能源汽车使用过程中，电池管理系统随时对能耗进行计算并给出该动力电池的 SOC 值。SOC 可以用百分比来反映，也可以换算为等效时间或等效里程来表示，让驾驶员获得更为直观的信息（注意，SOC 为估算值，带有一定的误差）。

（2）SOH 评估。电池的 SOH 常用百分比来反映（电池经多次循环使用后所能装载的最大容量与出厂时所能装载的最大容量的比值）。SOH 受动力电池使用过程中的工作温度、放电电流大小等因素的影响，需要在使用过程中不断进行评估和更新，以确保驾驶员获得更为准确的信息。

3) 电池安全保护

电池安全保护的具体功能包括监测电池的电压、电流、温度等是否超过限制。

（1）过电流保护。过电流保护是指在电池充电、放电过程中，如果工作电流超过了安全值，则应该采取相应的安全保护措施。

（2）过充过放保护。过充保护是指在电池的 SOC 为 100%的情况下，为了防止电池继续充电造成的电池损坏，而采取的切断电池的充电回路的保护措施。过放保护是指在电池的 SOC 为 0 的情况下，为了防止电池继续放电造成的电池损坏，而采取的切断电池的放电回路的保护措施。

（3）过热保护。过热保护是指当温度超过一定限制值时，对动力电池采取的保护性的措施。

4) 能量控制管理

（1）电池充电控制管理。电池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优化控制，优化的目标包括充电时长、充电效率及充电的饱满程度等。

（2）电池放电控制管理。电池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。在电池管理系统中加入电池放电控制管理功能，可以使动力电池发挥更大的效能。

（3）电池均衡控制管理。电池均衡控制管理是指采取一定的措施以尽可能降低电池不一致性的负面影响，以达到优化动力电池整体放电效能，延长动力电池整体寿命的效果。就均衡的时机而言，电池的均衡可以分为充电均衡和放电均衡。就均衡的手段而言，电池的均衡可以分为能量耗散型均衡和能量转移型均衡。

5) 电池信息管理

（1）电池信息显示。电池管理系统通常通过仪表将电池状态显示出来（电池剩余电量、警告等信息），告知驾驶员或维修人员。

（2）系统内外信息交互。电池管理系统在“内网”传递电池管理系统的内部信息，在“外网”与整车控制器、电机控制器等其他部件交互信息。

（3）电池历史信息存储。存储的信息包括故障代码、故障发生时车辆的状态数据等。

6) 热管理

电池热管理系统（Battery Thermal Management System, BTMS）的功能是在电池温度较

高时进行有效散热，防止产生热失控事故；在电池温度较低时进行预热，提升电池温度，确保低温下的充电性能、放电性能和安全性；减小动力电池内的温度差异，抑制局部热区的形成，防止高温位置处电池过快衰减，从而延长动力电池整体寿命。

2. 电池管理系统的组成

电池管理系统由输入信号元件、控制模块和执行元件三部分组成。控制模块接收各传感器传来的监测信号，并通过 CAN 网络和其他模块进行通信，根据信号控制主正继电器、主负继电器、预充电继电器等执行元件，如图 1-2-16 所示。

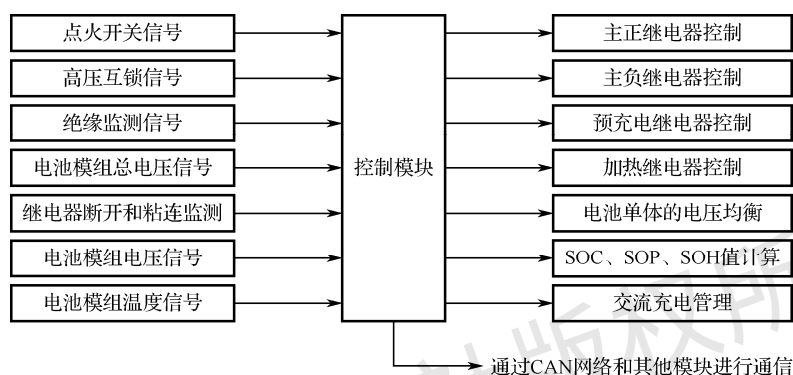


图 1-2-16 电池管理系统的组成

3. 电池管理系统的输入信号元件

电池管理系统的输入信号按位置分类，可分为外部信号和内部信号。其中，外部信号是通过 CAN 网络传输至电池管理系统的，如点火开关信号、高压互锁信号、绝缘监测信号；内部信号是通过内部电路及传感器监测而来的，如电池模组电压信号、电池模组温度信号、电池模组总电压信号等。动力电池内需要设置的传感器有温度传感器和电流传感器，温度传感器的作用是监测电池模组的温度信息，电流传感器的作用是监测动力电池的输出电流。



图 1-2-17 温度传感器

1) 温度传感器

由于电池在充放电时会导致电池自身发热，如果温度过高可能会导致车辆自燃的重大事故，所以必须对动力电池温度进行监测。温度传感器（见图 1-2-17）的数量根据电池模组的分布需要进行设置，分别监测不同电池模组的温度。

电池的温度传感器的传感元件一般采用热敏电阻，当温度发生变化时，其阻值会发生变化。如图 1-2-18 所示，对于每个温度传感器，电池管理系统的控制模块内均设有 1 个上拉电阻，电阻上方接有 5V 电源，电阻为定值电阻，控制模块内的定值电阻与温度传感器的热敏电阻形成一个串联电路。当电池模组的温度发生变化时，温度传感器的阻值就会发生变化，根据串联分压的原理，温度传感器信号线的电压就会发生变化。电池管理系统的控制模块依据信号电压的高低，就可判断出电池模组温度的高低。

2) 电流传感器

动力电池内使用的电流传感器根据测量原理的不同，主要有分流器和霍尔电流传感器两种。

(1) 分流器。

分流器是根据直流电流通过电阻时两端产生电压的原理制作而成的。分流器实际上就是一个阻值很小的电阻。如图 1-2-19 所示，当有直流电流通过时，产生压降，直流电流表实际为电压表，一般这个电压表量程为 75mV、150mV、300mV，用电压表来测量这个电压，再将这个电压换算成电流，就完成了对大电流的测量。五菱宏光 MINIEV 汽车就是采用这种类型的电流传感器。

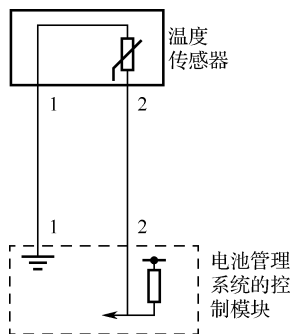


图 1-2-18 单个温度传感器电路

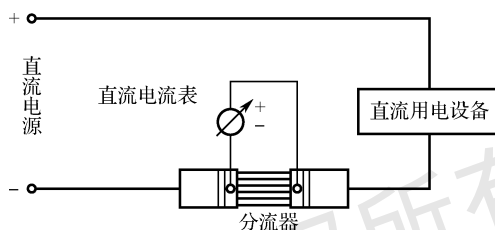


图 1-2-19 分流器的工作原理

(2) 霍尔电流传感器。

霍尔电流传感器包括开环式霍尔电流传感器和闭环式霍尔电流传感器两种。开环式霍尔电流传感器采用的是霍尔直放式原理，如图 1-2-20 所示。闭环式霍尔电流传感器采用的是磁平衡原理，如图 1-2-21 所示。高精度的霍尔电流传感器大多属于闭环式霍尔电流传感器。

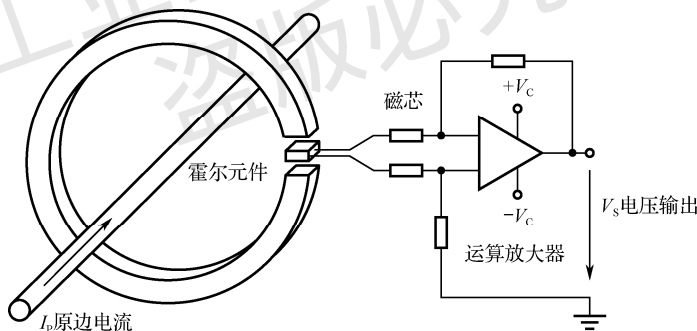


图 1-2-20 开环式霍尔电流传感器原理图

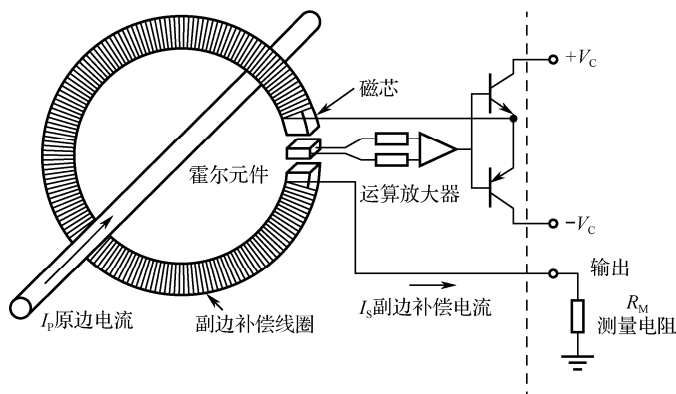


图 1-2-21 闭环式霍尔电流传感器原理图

4. 电池管理系统的控制模块

电池管理系统的控制模块有分布式和集成式两种类型。分布式管理系统将主控管理单元和从控管理单元的功能独立分离，主控管理单元负责整个动力电池的管理，从控管理单元负责收集电池模组的温度、电压等信息，以及电池模组电压的均衡。集成式管理系统将主控管理单元和从控管理单元的功能集成在一起，五菱宏光 MINIEV 汽车采用的是集成式管理系统。

5. 电池管理系统的执行元件

1) 高压熔断器和高压继电器

(1) 高压熔断器。

高压熔断器对高压电路起过载保护作用。当动力系统的高压线束短路时，动力电池会瞬间大电流放电，此时动力电池和高压线束的温度迅速升高，将导致动力电池和高压线束的燃烧，严重时还可能会引起电池爆炸。若电路中正确地安置了熔断器，那么熔断器就会在电流异常增大到一定程度时，自身熔断切断电流，从而起到保护电路安全运行的作用。高压熔断器好坏的判断可以通过万用表测量电阻或电压的方法，熔断器两端正常阻值应该接近 0Ω ，在通电情况下熔断器两端电压应该相同。如果熔断器异常，则更换熔断器或动力电池。在更换熔断器时，必须按照要求更换同规格的熔断器，否则可能会导致故障。

(2) 高压继电器。

高压继电器是在直流电路中用来控制高电压、大电流的继电器，电池管理系统利用高压继电器对动力电池主高压电路进行控制，根据动力系统的需要接通或断开动力电池主高压电路，用于动力电池与整车用电系统的安全连接。它是新能源汽车不可或缺的核心关键零部件，具有动作快、体积小、灭弧安全性高、动作可靠性高、寿命长等特点。

2) 维修开关

出于安全考虑，部分电动汽车在动力电池上安装了维修开关。在进行高压维修作业时，出于安全考虑，需要断开维修开关。维修开关的作用是接通或断开动力电池内部的高压线路的连接。维修开关串联在动力电池高压电路中，拆卸维修开关后，动力电池的内部电路处于断开状态。

3) 预充电电阻

由于新能源汽车电机控制器的高压正负极之间设计有大容量的补偿电容，如果没有预充电电阻，那么在高压回路导通瞬间，补偿电容及相关线路会由于瞬间电流过大而发热甚至烧毁。预充电电阻由电阻芯、铝外壳、填充物及连接线组成，如图 1-2-22 所示。

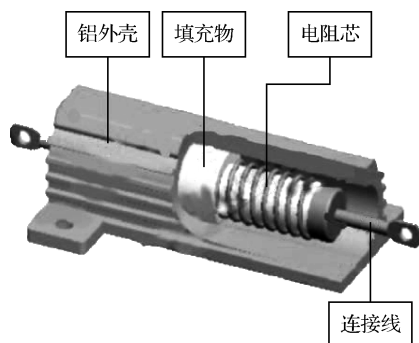


图 1-2-22 预充电电阻的结构

如图 1-2-23 所示，当新能源汽车接到有效启动命令之后，电池管理系统首先控制预充电继电器工作，动力电池正极电流通过预充电电阻和预充电继电器触点输出高压电，接通预充电电路，进行高压电路预充电。预充电结束后，预充电继电器退出工作，主接触器开始工作，给高压用电设备正常供电。预充电的时间一般很短。

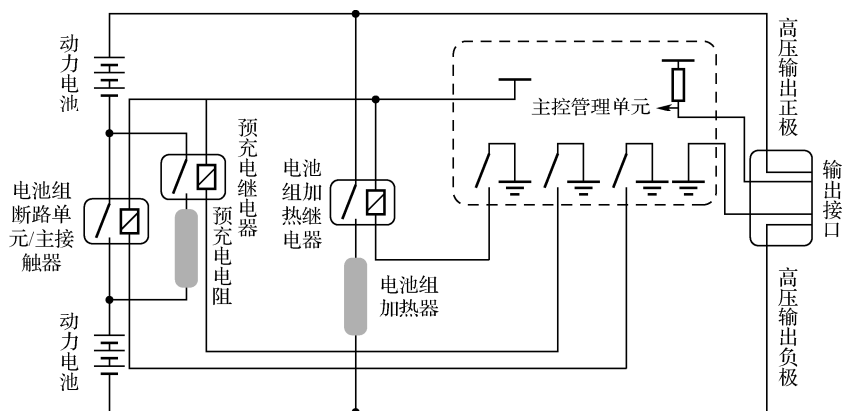


图 1-2-23 预充电电路

任务实施

一、五菱宏光 MINIEV 汽车动力电池检查与维护

1. 使用高压防护用具

如图 1-2-24 所示，按照新能源汽车高压防护要求使用绝缘安全防护用具，并根据场地防护要求放置场地防护用具，如图 1-2-25 所示。



图 1-2-24 绝缘安全防护用具



图 1-2-25 场地防护用具

2. 初始检查

- (1) 使用诊断仪检查是否存在与动力电池相关的故障代码。
- (2) 检查动力电池壳体或托盘上是否有裂纹。
- (3) 检查动力电池壳体托盘是否变形。
- (4) 检查动力电池壳体是否存在由于温度作用导致的颜色变化和外壳的退火色。

- (5) 检查是否存在电解液溢出情况。
- (6) 检查信息和警告标签是否存在且清晰。
- (7) 检查动力电池是否有锈蚀损坏。

3. 断电检查

- (1) 确认点火开关处于“LOCK”状态。
- (2) 断开 12V 蓄电池负极电缆。
- (3) 使用验电笔，检测车身金属部位是否带电。
- (4) 拆除与动力电池连接的高压连接器，观察高压连接器端子是否损坏，使用绝缘胶带封好电池接口。
- (5) 使用万用表确认与电池连接的高压线束正负极之间无电压。
- (6) 检测动力电池高压输出端对车身电阻是否小于 1MΩ。

二、五菱宏光 MINIEV 汽车动力电池的工作原理

如图 1-2-23 所示，当动力电池需要向外供电时，预充电继电器接通，并在短时间内工作，正极电源通过预充电电阻主要为电机控制器内部的大容量电容充电，预充电结束后，电池组断路单元接通，为电机控制器及其他用电设备供电。电池组断路单元开始工作后，预充电继电器退出工作。

1. 高压上电

五菱宏光 MINIEV 汽车高压上电过程如表 1-2-6 所示。

表 1-2-6 五菱宏光 MINIEV 汽车高压上电过程

点火开关位置	整车控制器	电池管理系统	电机控制器	车身附件
OFF	暂未上电	暂未上电	暂未上电	暂未上电
ACC	暂未上电	暂未上电	暂未上电	暂未上电
ON				
高压上电开始	上电初始化	上电初始化	上电初始化	上电初始化
	初始化完成	初始化完成	初始化完成	初始化完成
	当检测到电机控制器初始化完成、电池管理系统初始化完成及 ACC 初始化完成后，发送高压上电指令给电池管理系统		电机控制器检测无任何故障	ACC 检测无任何故障
		先闭合预充电继电器。当电池管理系统检测到动力电池电压达到要求后，先闭合电池组断路单元，再断开预充电继电器，当检测到动力电池电压正常后，在网络上更改主正继电器和预充电继电器的状态，并发送预充电完成报文		

续表

点火开关位置	整车控制器	电池管理系统	电机控制器	车身附件
	当监测到电池管理系统预充电完成、检测各分系统无故障，并且电机控制器上报的直流母线电压正常后，发送点亮 READY 灯的信号给仪表，使仪表点亮 READY 灯，同时发送保持当前状态指令。整车控制器延时一段时间后，发送使能信号给 DC/DC 转换器，DC/DC 转换器开始给车上的用电设备供电			
	当监测到刹车信号和挡位信号为 D 或者 R 时（刹车信号先于挡位信号），发送驱动电机使能指令和驱动电机目标转矩，驱动整车正常运行		驱动电机正常工作	等待启动指令
高压上电结束				

2. 高压下电

五菱宏光 MINIEV 汽车高压下电过程如表 1-2-7 所示。

表 1-2-7 五菱宏光 MINIEV 汽车高压下电过程

点火开关位置	整车控制器	电池管理系统	电机控制器	车身附件
ON-OFF				
高压下电开始	当监测到点火开关挡位从 ON 转到 ACC 或者 OFF 后，发送高压下电指令给电池管理系统	断开主正继电器。 断开主负继电器。 反馈断开继电器信号给整车控制器	电机控制器正常下电，驱动电机停止工作	ACC 正常下电，电动压缩机、空调暖风加热器停止工作
	当监测到电池管理系统的主正继电器、主负继电器和预充电继电器均为断开状态时，发送保持当前状态指令给电池管理系统			
		当电池管理系统接收到保持当前状态指令后，电池管理系统回复一帧保持当前状态指令后，停止发送任何报文，进入休眠模式		
	当整车控制器收到电池管理系统发送的保持当前状态指令后，整车控制器停止发送任何报文			
	休眠	休眠	已下电	已下电
高压下电结束				

三、五菱宏光 MINIEV 汽车动力电池故障检测与维修

1. 数据流分析

如图 1-2-26 所示，通过诊断仪的数据流可以确认动力电池基本信息（电压、电流、温度、SOC 等），还可以确认动力电池供电系统的主要信号（执行器状态、其他控制器状态）。

数据项	值	单位	图	数据项	值	单位	图
电池包脉冲充电可用功率 (10s)	31.00	kW	☐	电池包故障等级	正常		☐
电池包总电压和	315.30	V	☐	电池包绝缘值	5750	kΩ	☐
电池包充电截止电压	351.40	V	☐	电池包内侧电压	316.90	V	☐
电池包最高单体电压	3286	mV	☐	电池包外侧电压	317.50	V	☐
电池包最高单体电压位置	25	-	☐	电池包慢充状态	不可充电		☐
电池包最低单体电压	3284	mV	☐	电池包主正继电器状态	连接		☐
电池包最低单体电压位置	17	-	☐	电池包主负继电器状态	连接		☐
电池包平均单体电压	3285	mV	☐	电池包预充继电器状态	断开		☐
电池包最高温度位置	1	-	☐	电池包高压互锁状态	连接		☐
电池包最低温度位置	1	-	☐	电池包总电流	0.00	A	☐
电池包平均单体电压状态	正常		☐	电池包继续放电可用功率	43.56	kW	☐
电池包总电压状态	正常		☐	电池包脉冲放电可用功率 (2s)	43.56	kW	☐
电池包温度状态	正常		☐	电池包脉冲放电可用功率 (10s)	43.56	kW	☐
电池包SOC状态	正常		☐	电池包平均温度	19.00	°C	☐
预约充电时间	0	min	☐	电池包最高温度	19.00	°C	☐
电池包电源状态	电源连接		☐	电池包最低温度	19.00	°C	☐
电池包保险状态	正常		☐	电池包可用能量	15.00	kwh	☐
激活放电请求	无请求		☐	电池包SOH	100	%	☐
电池包充电电流状态	正常		☐	电池包SOC	49	%	☐
电池包放电电流状态	正常		☐	电池包充放电次数	31	-	☐
电池包绝缘状态	正常		☐	电池包剩余充电时间	2047	min	☐
电池包内部CAN总线故障	正常		☐	电池包继续充电可用功率	31.00	kW	☐
电池包温度传感器故障	正常		☐	电池包脉冲充电可用功率 (2s)	31.00	kW	☐
电池包电流传感器故障	正常		☐				
电池包单体电压传感器故障	正常		☐				

图 1-2-26 五菱宏光 MINIEV 汽车动力电池相关数据流

2. 五菱宏光 MINIEV 汽车整车无法高压上电故障检测

1) 故障原因分析

- (1) 低压蓄电池电压过低。
- (2) 低压电源管理系统故障。
- (3) 刹车开关故障。
- (4) 整车控制器本身及其电源接地故障。
- (5) 动力电池故障。
- (6) 电机控制器及其他高压电器故障。
- (7) CAN 网络通信故障。
- (8) 高压绝缘故障。
- (9) 高压互锁故障。
- (10) 防盗系统故障。

2) 故障检测流程

(1) 检查车辆的仪表是否正常显示，目视检查车辆的高低压导线是否正常连接，检查线束是否破损，检查低压蓄电池是否电压过低，检查动力电池是否严重亏电。

(2) 使用诊断仪进行全车诊断，通过诊断结果判断全车模块是否能正常通信，是否有相关的故障代码。

(3) 如果网络通信有故障,则首先检查网络故障。对于单个模块不能通信的故障,重点检查模块的电源、接地、与模块相关的网络分支,以及模块本身是否正常;对于多个模块不能通信的故障,重点检查网络线路是否断路、短路,以及某个模块内部是否存在异常,检查多个模块公用的电源、接地及线路是否存在异常。

(4) 如果模块内部有与故障相关的故障代码,则查找维修手册,按照手册的故障引导进行诊断。

(5) 对于某些输入信号元件和模块的供电线路,可以利用诊断仪的数据流功能进行检查,快速判断其是否正常;对于诊断仪不能判断的输入信号元件和模块的供电线路,可以利用万用表进行检查。

(6) 对于某些执行元件,可以利用诊断仪的动作测试功能进行检查,快速地判断其是否出现故障,缩小故障范围。

3. 动力电池拆卸

(1) 整车高压下电。

(2) 举升车辆。

(3) 将电池拆卸升降平台放到合适的位置。

(4) 拆下护板。

(5) 依次拔掉高压和低压线束接插件。

(6) 依次拆下动力电池安装螺栓及接地线螺栓。

(7) 拆下动力电池。



任务考评

本任务内容的考核与评分如表 1-2-8 所示。

表 1-2-8 考核与评分表

考核内容	考核要求	评分标准	配分	得分		
				自评	互评	教师评
1. 车辆基本检查	(1) 正确放置车轮挡块; (2) 正确安装座椅套、方向盘套、手刹套、脚垫; (3) 正确检查蓄电池电压	错误一处扣 5 分	20			
2. 车辆基本信息检查	准确记录车辆基本信息	错误一处扣 5 分	10			
3. 动力电池部件识别	(1) 正确识别动力电池各部件; (2) 准确描述各部件的工作原理; (3) 准确描述动力电池各项参数的含义	错误一处扣 3 分	10			
4. 动力电池检查与维护	(1) 正确目视检查动力电池; (2) 正确检测动力电池绝缘性能	错误一处扣 2 分	20			
5. 动力电池故障检测与维修	(1) 准确识读电路图; (2) 准确读取故障代码; (3) 准确观察数据流; (4) 正确检测动力电池; (5) 科学制定维修方案; (6) 维修措施合理	错误一处扣 3 分	30			

续表

考核内容	考核要求	评分标准	配分	得分		
				自评	互评	教师评
6. 职业素养	(1) 学习态度: 积极主动参与学习; (2) 团队合作: 与小组成员一起分工合作, 不影响学习进度; (3) 现场管理: 服从工位安排、执行实训室管理规定	不足之处扣 3 分	10			
7. 安全文明生产	自觉遵守安全文明生产规程	违反一项规定扣 5 分				
合计	—	—	100			
操作时间	开始时间:	结束时间:	实际用时:			

任务 3 车载充电系统检测与维修

学习目标

1. 能描述新能源汽车的电能补充模式与新能源汽车充电系统常见术语。
2. 能描述新能源汽车的充电场景。
3. 能描述交流充电系统的组成与工作过程。
4. 能描述直流充电系统的组成与工作过程。
5. 能描述车载充电机的要求、工作原理与控制策略。
6. 能检查与维护五菱宏光 MINIEV 汽车充电系统。
7. 能检测与维修五菱宏光 MINIEV 汽车充电系统。

任务分析

随着新能源汽车的使用越来越广泛, 充电需求越来越多, 市场对车辆的充电安全性和便利性提出了越来越高的要求, 便利、安全且快速地充电是市场对车辆的一致需求。新能源汽车的充电方式主要有两种: 一是交流充电方式, 即慢充; 二是直流充电方式, 即快充。两种充电方式的电气原理和控制方式各不相同。准确地描述充电系统的类型、结构, 准确地识别充电系统的部件, 精准地进行充电系统的基本检查、维护与检测, 是新能源汽车后市场技能型人才不可或缺的知识与技能。

任务准备

一、新能源汽车的电能补充模式与新能源汽车充电系统常见术语

1. 新能源汽车的电能补充模式

新能源汽车的电能补充模式可以分为两种——充电模式和换电模式。在新能源汽车动力电池放电后, 用直流电源连接动力电池, 将电能转换为动力电池的化学能, 使动力电池恢复

工作能力的过程，称为充电。动力电池充电时，其正极与充电电源正极相连，其负极与充电电源负极相连，充电电源电压必须高于动力电池电压。合适的充电方式不仅能够最大限度地发挥动力电池的容量极限，还可以延长动力电池的使用寿命。按照充电方式的不同，充电模式可分为交流慢速充电和直流快速充电两种模式。换电又称为机械充电，它通过直接更换已充满电的动力电池来达到补充电能的目的。

1) 交流慢速充电模式

交流慢速充电，俗称慢充，即使用交流 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充电。慢充系统主要部件有供电设备（电缆保护盒、充电桩、充电线等）、车内高压线束、高压配电箱、车载充电机、动力电池等。该模式适用于车辆停运时间长（多为夜间）的充电，一般充电时间为 5~8h，最长可达 30h。交流慢速充电架构如图 1-3-1 所示。

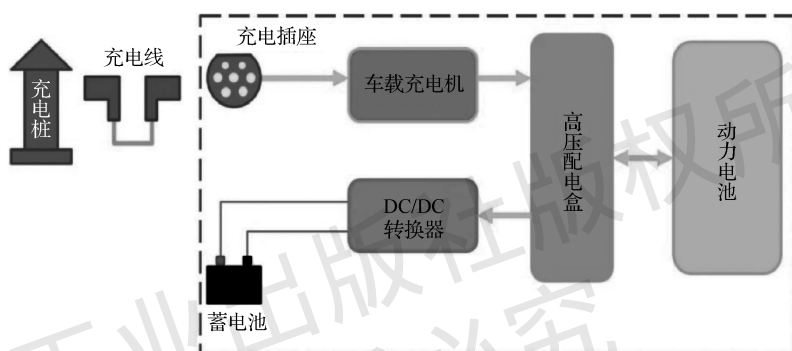


图 1-3-1 交流慢速充电架构

2) 直流快速充电模式

直流快速充电，俗称快充，即使用工业 380V 三相电，通过功率变换，将直流高压大电流通过高压动力电缆直接向动力电池充电，在快充过程中电流显示值通常为 13.6~46.2A。快充系统主要部件包括充电桩（非车载充电机）、车内高压线束、高压配电箱及动力电池等。直流快速充电架构如图 1-3-2 所示。

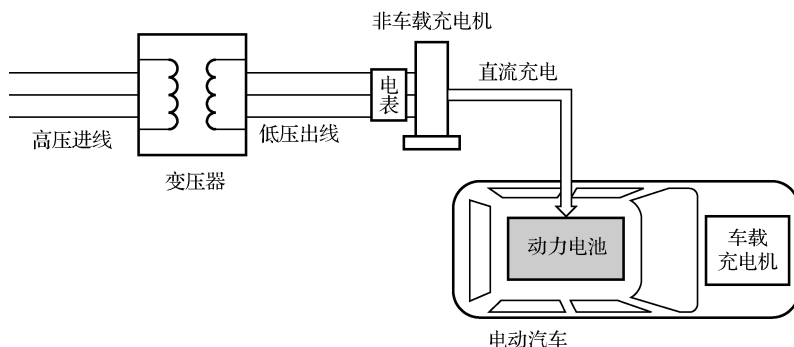


图 1-3-2 直流快速充电架构

3) 换电模式

如图 1-3-3 所示，换电模式通过机械方式，快速地更换新能源汽车的动力电池以实现补能，换电过程不超过 5min。

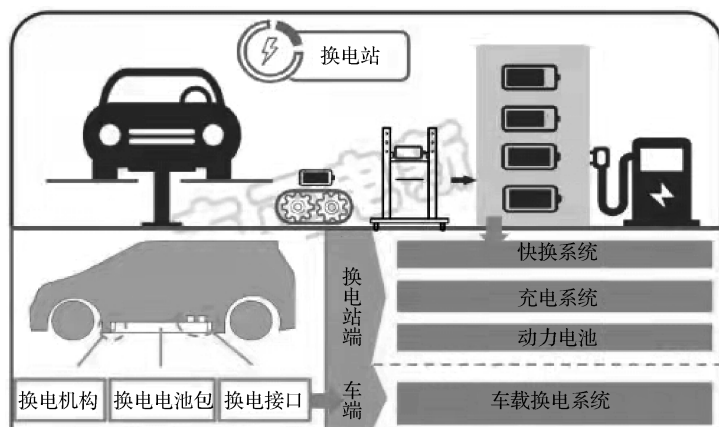


图 1-3-3 换电模式

2. 新能源汽车充电系统常见术语

1) 新能源汽车供电设备（EVSE）

新能源汽车供电设备是指为插电式混合动力汽车和纯电动汽车充电的外部充电设备，包含所有连接交流电且带充电插头的供电设备。

2) 交流充电

交流充电是指将交流电经车载充电机整流成直流电后对动力电池充电的方法。

3) 直流充电

直流充电是指通过直流电对动力电池充电的方法。

4) 充电断路装置

充电断路装置（CCID）是指充电线路中的漏电保护装置。当检测到车辆有漏电现象时，CCID 会中断充电电缆和车辆之间的电流。

5) 充电机

充电机是指将电气设备或其他电能供应设备输出的交流电转变成直流充电电流的设备。车载充电机安装在车辆上，非车载充电机则是 EVSE 的一部分。

6) 充电插头

充电插头又称为充电枪，是插入汽车充电口对动力电池充电的装置。

7) 充电口

充电口是指安装在纯电动汽车和插电式混合动力汽车上的电气插座，通常位于保护盖后面。充电口的技术标准必须要和插入车辆的充电插头的技术标准一致，才能进行充电。

8) 充电电缆

充电电缆多指便携式充电装置，其一端插入车辆，另一端插入 220V 插座。

9) 充电桩

充电桩是指一种将电能输送到插电式混合动力汽车和纯电动汽车的固定设备，通常安装在家庭车库、工作地点、停车场或公共区域。根据充电时间的长短，充电桩可分为直流充电桩和交流充电桩两种。