

智能电动汽车系列精品教材

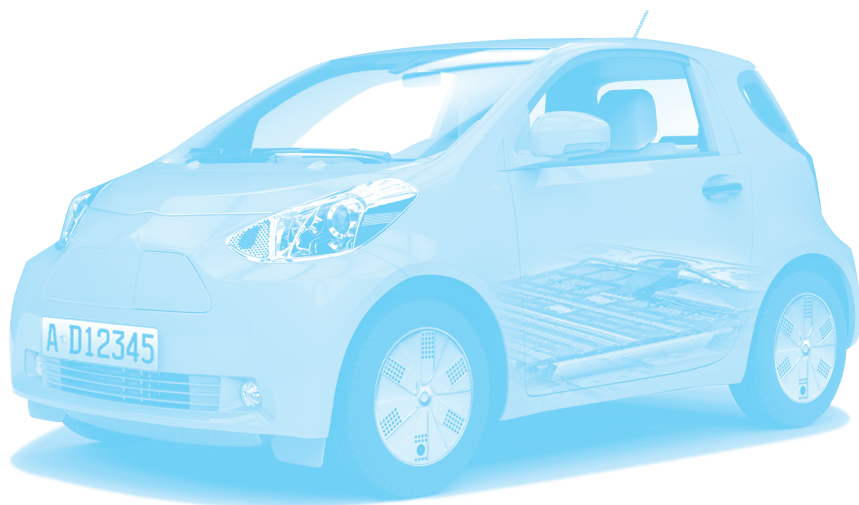
“互联网+”创新型教材

新能源汽车 电力电子技术

XINNENGYUAN QICHE DIANLI DIANZI JISHU

主 编◎高丽洁

副主编◎陈 珊 冯 津 周 彬



北京邮电大学出版社
www.buptpress.com

内 容 简 介

本书共分5个项目,内容包括新能源汽车电路、新能源汽车元器件、新能源汽车高压电路、新能源汽车执行器、新能源汽车传感器及控制器。

本书既可作为高等职业院校新能源汽车相关专业的教材,也可供相关人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

新能源汽车电力电子技术 / 高丽洁主编. -- 北京:北京邮电大学出版社, 2023.9

ISBN 978-7-5635-7038-6

I. ①新… II. ①高… III. ①新能源—汽车—电力电子技术—高等教育—教材 IV. ①U469.7

中国国家版本馆 CIP 数据核字(2023)第 183920 号

策划编辑: 刘子嘉 责任编辑: 高 宇 封面设计: 张瑞阳

出版发行: 北京邮电大学出版社

社 址: 北京市海淀区西土城路 10 号

邮政编码: 100876

发 行 部: 电话: 010-62282185 传真: 010-62283578

E-mail: publish@bupt.edu.cn

经 销: 各地新华书店

印 刷: 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: 15

字 数: 310 千字

版 次: 2023 年 9 月第 1 版

印 次: 2023 年 9 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5635-7038-6

定 价: 48.00 元

• 如有印装质量问题,请与北京邮电大学出版社发行部联系 •

服务电话:400-615-1233

为了适应高等职业院校新能源汽车技术、汽车智能技术专业学生职业技能的需求,以新能源汽车机电维修、服务顾问、维修质量检验等岗位的工作任务为主线,对接行业、企业、国际先进的职业标准,编写融入课程思政的项目载体、任务驱动、行动导向立体教材和工作活页,丰富的数字化资源有利于学生的自主学习。编写内容引入新能源汽车的新技术、新工艺、新规范,融合“1+X”智能新能源汽车专业等级证书的职业技能标准。理论和技能实训融为一体,按照必需、够用的原则取舍,行文由浅入深,通俗易懂,体现行业和企业的需求,涵盖新能源汽车维修职业标准,培养学生复合型职业能力。

本书特色如下。

1. 内容设置对接职业技能标准

编写内容与“1+X”证书智能新能源汽车领域职业技能等级证书对接,结合工作领域“新能源汽车电子电气空调舒适技术”“新能源汽车动力驱动电机电池技术”和“新能源汽车悬挂转向制动安全技术”三个模块的初级、中级和高级证书的技能标准进行编写,使课程内容与职业标准对接,保证人才培养与企业需求零距离对接。

2. 数字化资源有利于学生的自主学习

本书以大量的真实维修案例为载体,实训过程、规范与新能源汽车机电维修岗位职业标准对接,图文并茂,便于学生阅读和理解。为了让学生掌握知识技能的重点,突破难点,书中附有二维码,学习者通过扫描可以获得动画、视频讲解,形象生动。根据汽车维修岗位需要,任务驱动教学,把学生被动听讲变成学生主动参与实际操作,体现了以能力为本位的教学思想。

3. 采用项目导向任务驱动式的编写思路

每个项目以新能源汽车机电维修岗位的典型故障案例开始,以工作过程为导向,明确学习目标,给予学生针对性强的专业指导和训练。本书体现了职业教育的特色,做到学以致用,满足复合型技术技能型人才培养的要求。

4. 课程融入思政

内容编写融入思政元素,电路图上的每一个符号、每一个数据都与新能源汽车维修的具体要求相联系,突出维修质量对汽车使用的重要性,让学生认识到机电维修职业标准的重大意义,注重细节,做到一丝不苟,精益求精,培养学生的工匠精神。

本书根据高等职业院校新能源汽车专业的培养目标和教学大纲编写,分5个项目,内容包括新能源汽车电路、新能源汽车元器件、新能源汽车高电压电路、新能源汽车执行器、新能源汽车传感器及控制器。



本书的学时分配建议如下。

项目名称	建议学时	授课类型
项目一 新能源汽车电路	4	理实一体
项目二 新能源汽车元器件	8	理实一体
项目三 新能源汽车高电压电路	12	理实一体
项目四 新能源汽车执行器	12	理实一体
项目五 新能源汽车传感器及控制器	12	理实一体

参加本书编写的人员都是有多年教学经验和工作经验的教师和企业人员。全书由武汉城市职业学院高丽洁任主编,武汉软件工程职业学院陈珊任第一副主编,广东合赢教育科技股份有限公司冯津任第二副主编,武汉城市职业学院周彬任第三副主编,全书由高丽洁统稿。

编者在编写过程中参考了大量文献资料,在此谨向相关作者表示衷心的感谢。鉴于编者水平有限,书中不足之处在所难免,恳请各位读者批评指正。

编者

项目一	新能源汽车电路	1
任务一	新能源汽车电路基础	1
任务二	高压安全防护	5
项目二	新能源汽车元器件	15
任务一	电阻	15
任务二	电容	28
任务三	电感线圈	37
任务四	二极管	48
任务五	三极管	59
任务六	场效应晶体管	64
任务七	绝缘栅双极型晶体管	75
项目三	新能源汽车高电压电路	84
任务一	单相半波整流电路	84
任务二	三相整流电路	92
任务三	逆变电路	100
任务四	车载充电机电路	108
任务五	DC/DC 电路	120
任务六	锂离子动力电池	132
项目四	新能源汽车执行器	148
任务一	直流电机	148
任务二	交流电机	160
任务三	PTC 加热器	180



项目五	新能源汽车传感器及控制器	191
任务一	温度传感器	191
任务二	转速传感器	204
任务三	微控制器的应用	219
任务四	汽车控制器局域网络总线应用	224
参考文献		234

新能源汽车电路



项目导读

随着全球燃油危机的加剧,以非可再生资源为燃料的汽车将逐步被淘汰,新能源汽车成为具有巨大市场潜力的新兴产业,呈现快速突破、竞相发展的态势。我国正在加快推进电动汽车的发展,电能的使用不仅能缓解国家能源危机,而且可以降低大气污染和温室气体排放。电动汽车是迎接第三次工业革命的标志性产品,是步入互联网时代重要的智能终端,也是中国产业升级的一个突破口。因此,新能源汽车是我们在新的经济社会环境下势在必行的选择。在政策的强力推动下,新能源汽车生产和销售热潮持续,电动汽车正逐步走入千家万户。新能源汽车电路不同于传统汽车,高电压电路对于维修人员有更高的要求。本项目融合“智能新能源汽车职业技能等级证书”职业技能等级标准,介绍新能源汽车高电压电路,高电压安全防护、安全用具及绝缘的检测;通过对新能源汽车高电压电路危险分析,为学习者提供高电压安全防护方法、安全用具使用方法及绝缘的检测方法的理论学习和实践技能指导,能够熟练使用兆欧表、万用表等检测设备检测传感器性能,具备进行高电压电路安全防护的能力。通过扫描二维码可以获得在线课程的网络资源。

任务一 新能源汽车电路基础

职业技能标准

工作领域	新能源汽车动力驱动电机电池技术(初级)
工作任务	新能源汽车工作安全与作业准备
职业技能	高压电安全防护措施
技能要求	(1)能在高压电作业时佩戴绝缘手套(防高电压和防电解液)、绝缘胶靴、绝缘胶垫、防护眼镜,并检验其耐压等级大于所作业车辆的最高电压。 (2)能在作业前,检查绝缘手套是否有破损、破洞或裂纹等,应确认完好无损,方可进行作业
知识要求	(1)了解高压电作业时,绝缘手套、绝缘胶靴、绝缘胶垫、防护眼镜的选用规格。 (2)掌握绝缘手套的检查方法和要求。 (3)掌握安全防护用品内部和表面有无水渍的检查和维修方法



任务描述

新能源汽车是指采用非常规的车用燃料(除汽油、柴油之外的燃料)作为动力来源,搭载车辆的动力控制和驱动方面的先进技术,形成的技术先进、结构新颖、低碳环保的车辆。新能源汽车动力源主要是电能,由动力电池供给,动力电池的电压有几百伏特,属于高电压电路,为了完成新能源汽车的检修,必须进行高压安全防护,因此了解新能源汽车结构很有必要。

情境导入

新能源汽车有四大类型,包括纯电动汽车、混合动力汽车、燃料电池电动汽车、其他新能源(如超级电容器、飞轮等高效储能器)汽车等。相比传统汽车,新能源汽车最大特点是增加了高电压电路。为了正确地进行高压安全防护,作为汽车维修人员必须熟悉不同类型的新能源汽车结构、高电压电路特点。

理论学习

一、新能源汽车的类型

1. 纯电动汽车

纯电动汽车是指以车载电池为动力源,由电机驱动车轮行驶,符合道路交通、安全法规各项要求的车辆。纯电动汽车的基本结构如图 1-1-1 所示。充电系统、动力电池、电机控制器、驱动电机等均为高电压回路。动力电池既是能量储存装置,又是能量供给装置,既可把

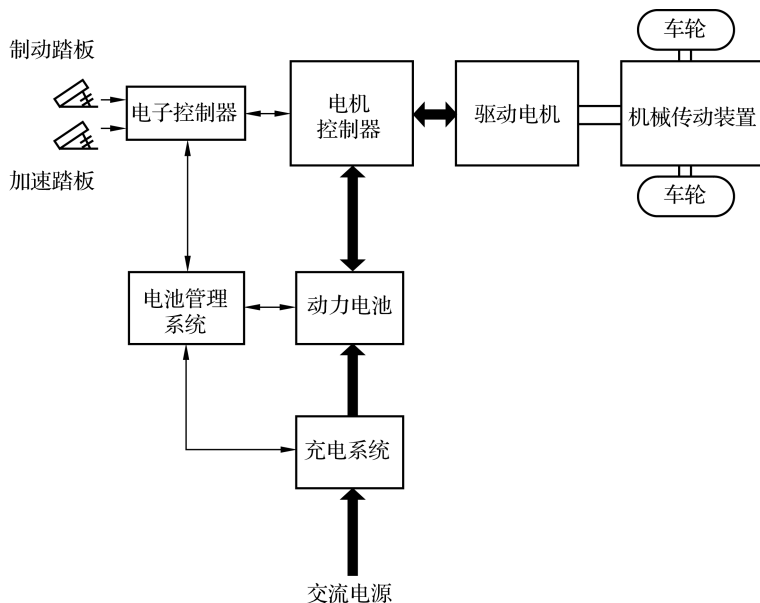


图 1-1-1 纯电动汽车的基本结构



电能转化成化学能存储起来,又可将化学能转换成电能供给用电设备;充电系统作用是将工频电压 220 V 交流电整流、升压为高压直流电,满足动力电池充电的需求;电机控制器控制动力电池与驱动电机的能量双向传递,将动力电池的高压直流电转换成三相交流电,驱动电机转动,再经机械传递装置作用到驱动车轮上;当车辆减速或行驶在下坡路段时,驱动电机相当于发电机,能量回馈给动力电池。

2. 混合动力汽车

混合动力汽车一般是指油电混合动力汽车,即采用电动机和内燃机作为动力源,在汽车的不同行驶工况,由单个系统或两个系统共同驱动车辆的行驶。混合动力汽车基本结构如图 1-1-2 所示,采用发动机和电动机两套驱动系统,可采用发动机单独驱动、电动机单独驱动或发动机和电动机联合驱动三种工作模式。

(1)与纯电动汽车相比,混合动力汽车具有以下优点:

- ①电池的容量减小,使整车自重减小、成本有所降低。
- ②续驶里程和动力性可达到内燃机汽车的水平。
- ③不需要建设庞大的充电设施,不需要每天进行充电。

(2)与传统内燃机汽车相比,混合动力汽车具有以下优点:

- ①可使发动机在最佳的工作区域稳定运行,降低发动机的油耗、排放污染和噪声。
- ②可实现纯电动模式,在居民区、市中心等人员密集的地区关闭发动机,实现零排放。
- ③通过电动机回收制动时的能量,提高能量利用率,进一步降低汽车的能量消耗和排放污染。

混合动力汽车的结构比纯电动汽车、传统内燃机汽车的结构更复杂,维修更烦琐。

3. 燃料电池电动汽车

燃料电池是一种将储存在燃料和氧化剂中的化学能通过电极反应直接转化为电能的发电装置。燃料电池平时将燃料(氢气、甲醇等)和氧化剂(氧气)分别作为电池两极的活性物质保存在电池的本体之外,在使用时将它们通入电池内,使电池发电,只要持续供应,电池就会不断提供电能。燃料电池汽车将燃料电池产生的电能通过驱动电机转化成机械能,使汽车行驶。燃料电池汽车基本结构如图 1-1-3 所示,其外形和内部空间与燃油汽车基本相同,区别在于动力系统,燃料电池汽车的动力系统主要由燃料电池系统(高压氢储存罐、空气压缩机和能量控制单元)、蓄电池、动力控制单元、储能单元和驱动电机等组成。

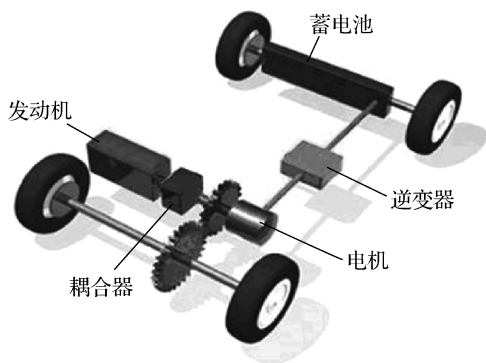


图 1-1-2 混合动力汽车基本结构

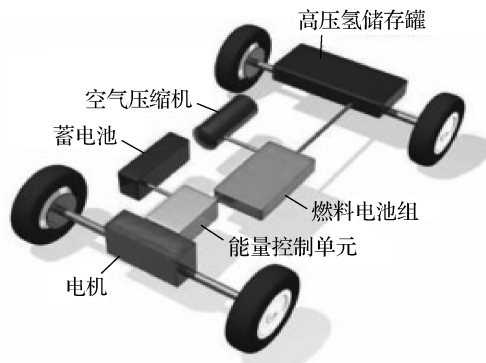


图 1-1-3 燃料电池汽车基本结构



二、新能源汽车高电压电路

纯电动汽车结构如图 1-1-4 所示,分为高电压电路和低压电路。DC/DC 转换器与蓄电池连接部分属于低压电路,由低压供电的用电设备均属于低压电路,如电动车窗、电动座椅等。

高电压电路如图 1-1-5 所示,分为直流高压电路和交流高电压电路。直流高压电路主要集中在车载充电机、动力电池、高压控制盒、电机控制器、驱动电机、暖风加热器、空调压缩机、DC/DC 转换器、快充口和高压线束等;交流高电压电路主要分布在慢充口到车载充电机、电机控制器到驱动电机之间,慢充口到车载充电机间电压是 220 V;电机控制器到驱动电机间电压约 300 V。

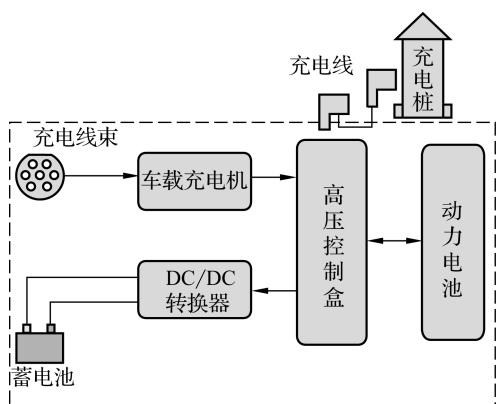


图 1-1-4 纯电动汽车结构

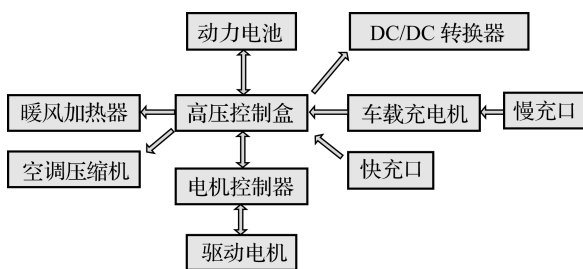


图 1-1-5 高电压电路框图

高电压线束用醒目的橙色标识,如图 1-1-6 所示为北汽新能源纯电动汽车高压电路前舱。



图 1-1-6 北汽新能源纯电动汽车高压电路前舱



任务二 高压安全防护

职业技能标准

工作领域	新能源汽车动力驱动电机电池技术(中级)
工作任务	新能源汽车工作安全与作业准备
职业技能	高压电安全防护措施
技能要求	(1)在高电压作业时佩戴绝缘手套(防高电压和防电解液)、绝缘胶靴、绝缘胶垫、防护眼镜,并检验其耐压等级大于所作业车辆的最高电压。 (2)在作业前,检查绝缘手套是否有破损、破洞或裂纹等,应确认完好无损,方可进行作业
知识要求	(1)高压电的作业时,绝缘手套、绝缘胶靴、绝缘胶垫、防护眼镜的选用规格。 (2)绝缘手套的检查方法和要求
工作领域	新能源汽车电子电气空调舒适技术(初级)
工作任务	新能源汽车工作安全与作业准备
职业技能	高压电安全防护措施
技能要求	能在高压电作业时佩戴绝缘手套(防高电压和防电解液)、绝缘胶靴、绝缘胶垫、防护眼镜,并检验其耐压等级大于所作业车辆的最高电压
知识要求	(1)高压电作业时,绝缘手套、绝缘胶靴、绝缘胶垫、防护眼镜的选用规格。 (2)绝缘手套的检查方法和要求

任务描述

新能源汽车有高电压电路,而人体是导体,人体触及电压过高的带电体时,就会造成伤害,发生触电事故。在检测维修过程中,维修人员必须有安全意识,遵守安全操作规范,才能从事新能源汽车的检修工作。

情境导入

纯电动汽车动力电池电路属于高电压电路,维修人员必须正确检修高电压电路,增强安全用电意识,熟悉安全防护用具的用途、注意事项和使用方法。

理论学习

一、高压安全防护的意义

触电事故是在人体直接或间接接触到高压带电体造成的,安全用电是指在人类生产过



程中,在采取必要的安全措施的情况下,对高电压电路进行使用和维修。如果不注意高压操作安全,可能造成人身触电伤亡事故,甚至新能源汽车电气设备的损坏,扩大故障范围。因此,在高电压电路维修时,必须注意高压安全防护,以保证人身、电气设备及电控系统安全,防止发生事故。

二、电流对人体的危害

电流通过人体时,会产生热效应、化学效应、机械效应,破坏人体内部细胞组织,对人造成伤害,甚至夺取生命。

电流对人体伤害程度的影响因素有以下几种。

1. 电流的大小

人体电阻是非线性的,在不同的电压下电阻不同,主要由体内电阻和表皮电阻构成,体内电阻约在 $800\ \Omega$,表皮电阻则与表皮湿度、粗糙程度、触电面积等有关,大多数人体电阻在 $1\ 000\sim 1\ 500\ \Omega$ 之间。

(1)交流电电流对人体的伤害。一般通过人体电流越大对人体的伤害越大。当 $1\ \text{mA}$ 的交流电流通过人体时,人就有不舒服的感觉,称为感知电流;当 $10\ \text{mA}$ 的交流电流通过人体时,人体尚可摆脱,称为摆脱电流;当 $30\ \text{mA}$ 的交流电流通过人体时,人体会感到很难受,称为人体最大忍受电流;当 $50\ \text{mA}$ 的交流电流通过人体时,人体在几秒钟内就会出现心肌颤动及呼吸困难有生命危险,称为致命电流;当流过人体的电流达到 $100\ \text{mA}$ 时,就足以使人死亡。通过人体电流数值与伤害的对应关系不是绝对的,与触电人员的身体状况、性能等有关,具体还要因人而异。

(2)直流电流对人体的伤害。与交流电流不同,直流电流没有确定的摆脱电流。当 $2\ \text{mA}$ 直流电流通过人体时,只有在电源接通和断开时,人体才会有感觉。当 $300\ \text{mA}$ 直流电流通过人体时,人体四肢有发热感,在接触面的皮肤内感到疼痛;当超过 $300\ \text{mA}$ 直流电流通过人体时,人就会失去知觉。直流电流达到数安培,延续超过几秒钟,则可能发生内部烧伤或其他损伤,甚至死亡。

2. 持续时间

在同一电压等级下,触电持续时间越短,越安全,触电持续时间越长,越危险。

3. 电流频率

电流频率与触电伤害程度见表 1-2-1,频率在 $25\sim 200\ \text{Hz}$ 的交流电最易引起人体室颤,其中 $50\sim 60\ \text{Hz}$ 最危险,高压高频同样十分危险。

表 1-2-1 电流频率与触电伤害程度

频率/Hz	10	25	50	60	80	100	120	200	500	1 000
死亡率	21%	70%	95%	91%	43%	34%	31%	22%	14%	11%

4. 电流途径

电流通过人体的途径与通过心脏的电流占比见表 1-2-2,左手到脚最危险。



表 1-2-2 电流通过人体的途径与通过心脏的电流占比

电流通过人体的途径	通过心脏的电流占通过人体总电流的比例
从一只手到另一只手	3.3%
从左手到脚	6.7%
从右手到脚	3.7%
从一只脚到另一只脚	0.4%

三、绝缘的检测

在高电压检测时,使用绝缘用具,可以把带电体隔离,起到安全防护的作用。绝缘用具是用绝缘材料制作的,它是在直流电压作用下,只有极小的电流通过,一般电阻率大于 $10^7 \Omega \cdot \text{m}$ 。绝缘材料在使用过程中,受到热、电、光、氧、机械力、微生物等因素的长期作用,会发生一系列的化学、物理变化,从而导致电气性能和机械性能的逐渐老化。绝缘材料性能变化直接影响绝缘性能,绝缘用具绝缘检测是非常必需的、重要的。

1. 绝缘手套

绝缘手套可使两手与带电物绝缘,防止触电的安全用品。在使用前一定要对绝缘手套进行检查。检测方法:绝缘手套正、反面检查,并且逐个检查指尖和指间有无刺穿、划伤、老化的裂痕。然后再进行吹气检查,向绝缘手套吹气,使手套充分膨胀,如图 1-2-1 所示,卷压绝缘手套,观察有无气体漏出,以此判断是否存在细小的裂痕。



图 1-2-1 绝缘手套

2. 绝缘靴(鞋)

新能源汽车维修人员必须穿绝缘靴(鞋),绝缘靴(鞋)可以有效使人体与地面绝缘,如图 1-2-2 所示。绝缘靴(鞋)在穿之前也需要检查。绝缘靴(鞋)的鞋帮或鞋底上的鞋号、绝缘字样(或英文 EH)、闪电标记、耐电压数值、出厂检验合格印章等标识应清晰完整。绝缘靴(鞋)应无破损,鞋底应有防滑花纹,鞋底(跟)磨损不超过 $1/2$ 。当鞋底出现防滑齿磨平、鞋底磨出绝缘层等现象时,不能再穿。

3. 绝缘服

绝缘服在高电压作业中,起辅助绝缘作用,作为人身安全的保护用具,如图 1-2-3 所示。绝缘服内外均需仔细检查,查看有无破损、开裂等。



图 1-2-2 绝缘靴(鞋)



图 1-2-3 绝缘服

4. 绝缘垫

绝缘垫铺设在维修车辆的地面上,维修人员踩在上面维修车辆,增强维修人员对地绝缘,避免或减轻发生触电事故对人体的伤害,如图 1-2-4 所示。绝缘垫检查方法:查看绝缘垫有无破损、开裂,用绝缘表多点检测其绝缘性能。

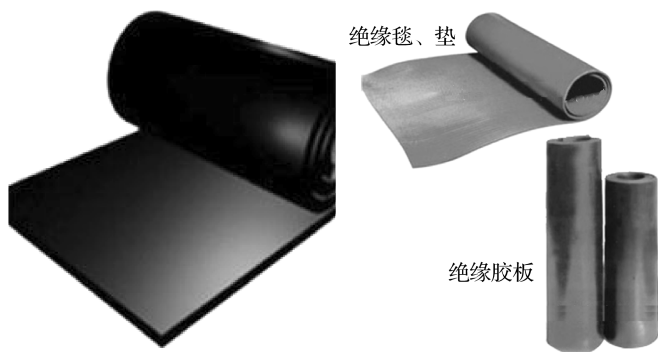


图 1-2-4 绝缘垫

实训指导

兆欧表俗称摇表,如图 1-2-5 所示,大多采用手摇发电机供电,刻度是以兆欧(MΩ)为单位的。兆欧表用来检查绝缘电阻,以保证工作在绝缘状态,避免发生触电伤亡及设备损坏等事故。

(1)测量前,必须将被测设备与电源切断,并对地短路放电。绝不允许设备带电进行测量,以保证人身和设备的安全。对可能感应出高压电的设备,必须消除这种可能性后,才能



进行测量。



图 1-2-5 兆欧表

(2) 被测物表面要清洁,减少接触电阻。

(3) 校表。测量前应将兆欧表进行一次开路和短路校验,判断兆欧表是否良好。在兆欧表未接上被测物之前,顺时针方向摇动手柄使发电机达到额定转速(120 r/min),观察指针是否指在标尺的“∞”位置。将接线柱“线(L)和地(E)”短接,缓慢摇动手柄,观察指针是否指在标尺的“0”位。如指针不能指到该指的位置,则表明兆欧表有故障。

(4) 兆欧表使用时应放在平稳、牢固的地方,且远离大的外电流导体和外磁场。

(5) 必须正确接线。兆欧表上一般有三个接线柱,测量绝缘电阻时,一般只用“L”端和“E”端,但在测量电缆对地的绝缘电阻时,就要使用“G”端,并将“G”端接屏蔽层或外壳。线路接好后,可按顺时针方向转动摇把,摇动的速度应由慢到快,当转速达到 120 r/min 左右时保持匀速转动,1 min 后再读数,注意要边摇边读数。

(6) 摇测时,将兆欧表置于水平位置,摇把转动时其端钮间不许短路,摇动的速度应由慢到快。若发现指针指零,说明被测绝缘物可能发生了短路,这时就不能继续转动摇把,以防表内线圈发热损坏。

(7) 读数完毕,将被测设备放电。放电方法是将测量时使用的地线从兆欧表上取下,与被测设备短接一下即可,注意不是兆欧表放电。

工匠精神

新能源汽车的动力电池、电机电控、充电技术等相关技术正面临着快速的更新迭代,新能源汽车维修企业也加速技术升级。这既是挑战,更是机遇,要求新能源汽车维修人员必须与时俱进,不怕困难,不断学习,不断进取,跟上技术更新迭代步伐,才能胜任新能源汽车维修工作。



任务实施

任务名称	任务一 电流对人体的作用	
学习场景	新能源汽车维修工位	
任务目的	(1)万用表的使用方法。 (2)电流对人体的作用检测	
一、维修作业准备	1. 检查维修作业环境	
	环境光照充足、维修工具齐备	是[] 否[]
	车辆维修区域地面铺设绝缘垫	是[] 否[]
	2. 检查可调电压锂电池模块电路板	
	目测可调电压锂电池模块电路板是否有破损、器件丢失	是[] 否[]
	检测焊接件、充电链接口是否牢靠	是[] 否[]
	检测旋转按钮是否顺畅	是[] 否[]
	通电检测供电电压,并记录电压值_____,是否正常	是[] 否[]
	3. 填写实训板(见图 1-2-6)组成部件的名称及作用	
4. 检查电流对人体的作用实训板		
目测电流对人体的作用实训板是否有破损、器件丢失	是[] 否[]	
检测变压器安装是否牢靠,线圈是否破损	是[] 否[]	
检测电流旋转按钮是否顺畅	是[] 否[]	
人体触摸电极是否脏污、损坏	是[] 否[]	
5. 检测连接线		
检测红色连接线,并记录电阻值为_____,是否正常	是[] 否[]	
检测黑色连接线,并记录电阻值为_____,是否正常	是[] 否[]	



微课
电流对人体的作用实训板认知

图 1-2-6 实训板(一)



续表

1. 填写实训板(见图 1-2-7)组成部件的名称及作用



图 1-2-7 实训板(二)

2. 连通可调电压锂电池模块电路与电流对人体的作用实训板(见图 1-2-8)



图 1-2-8 实训板(三)



微课

电流对人体的
作用实训板操
作演示

二、任务实施
过程

根据电路图,正确连接电路模块。

注意: 电路连接前,确认电源开关处于断开状态。接线无误后,检查导线安装牢靠。

3. 动态测试

(1) 探究触电时人体不同的接触面积,人体电阻的变化情况。接通电源后,确认可调电阻调到最左侧,左手的食指和中指分别触碰电极两端。建议调到 $300 \mu\text{A}$ 左右,保持手指触碰电极的情况下,适当改变手指与电极的接触面积。当接触面积大时,流过人体的电流是 _____ μA = _____ mA = _____ A , 人体的电阻是 _____ Ω = _____ $\text{k}\Omega$ = _____ $\text{M}\Omega$ 。当接触面积小时,流过人体的电流是 _____ μA , 人体的电阻是 _____ Ω 。

由此实验可知, _____。

(2) 探究电流通过不同路径流经人体的条件下,人体电阻的变化情况。接通电源后,确认可调电阻调到最左侧,左手的食指和右手食指分别触碰电极两端。建议调到 $300 \mu\text{A}$ 左右,流过人体的电流是 _____ μA , 人体的电阻是 _____ Ω 。

确认可调电阻调到最左侧,两人牵手后分别将左手的食指分别触碰电极两端。建议调到 $300 \mu\text{A}$ 左右,流过人体的电流是 _____ μA , 两个人的人体的电阻是 _____ $\text{k}\Omega$ 。由此实验可知, _____。

(3) 探究在电压大小不同的条件下,人体对电流的感受。接通电源,用某手食指与小指之间触摸电极,缓慢转动旋钮控制电压,记录电流流经人体的电流值及描述人体的感觉。



续表

<p>二、任务实施过程</p>	<p>12 V 时,记录流经人体的电流为_____ μA,人体电阻为_____ $\text{k}\Omega$。 24 V 时,记录流经人体的电流为_____ μA,人体电阻为_____ $\text{k}\Omega$,人体的感受是_____。 36 V 时,记录流经人体的电流为_____ μA,人体电阻为_____ $\text{k}\Omega$,人体的感受是_____。 48 V 时,记录流经人体的电流为_____ μA,人体电阻为_____ $\text{k}\Omega$,人体的感受是_____。 60 V 时,记录流经人体的电流为_____ μA,人体电阻为_____ $\text{k}\Omega$,人体的感受是_____。 72 V 时,记录流经人体的电流为_____ μA,人体电阻为_____ $\text{k}\Omega$,人体的感受是_____。</p> <p>特别说明:有心脏病、心脏起搏器、助听器的学员,禁止操作。</p> <p>由此实验可以知道,电压在_____ V 以下无明显的感觉,电压在_____ V 时有明显的发麻,但可以忍受;电压在_____ V 以上,有强烈刺痛,难以忍受。</p> <p>综上实验数据可以得出,由于每个人的人体电阻的影响因素很多,所以能承受的安全电压也不固定,本次实验你能承受的电压在_____ V 以下,这个电压与国家标准安全电压基本相符合。</p> <p>注意说明:本实训板为直流实验且生产设计符合安全标准,不建议另外做交流实验,否则后果自负。</p> <p>(4)验证开路条件下,电流对人体的作用。单手食指触摸正电极,缓慢转动旋钮,观察电压、电流、电阻的变化。由此可知,在没有构成_____的前提下,此时没有电流流经人体,人体是没有感觉的。所以对新能源汽车进行检修时,禁止人体与高压正负极构成回路,检修高压作业前要拔下维修塞,进行断电处理。</p> <p>4. 验证穿戴防护用品条件下,电流对人体的作用 单手穿戴防护手套,食指与中指触摸电极,缓慢转动旋钮,观察电压、电流、电阻的变化,由此可知,在没有构成_____的前提下,此时没有电流流经人体,人体是没有感觉的,所以对新能源汽车高压系统检修时要穿戴防护用品。</p> <p>5. 测试人体感知电流 A 同学:电流读数() B 同学:电流读数() C 同学:电流读数()</p> <p>6. 分析 A、B、C 感知电流为何不同</p>
<p>三、考核评分</p>	<p>1. 检查可调电压锂电池模块电路板方法是否正确 是[] 否[] 2. 检查电流对人体的作用实训板方法是否正确 是[] 否[] 3. 检查连接线方法是否正确 是[] 否[] 4. 电流连接是否正确 是[] 否[] 5. 测试人体感知电流方法是否正确 是[] 否[]</p>



续表

四、自我评价	对在课堂上的实际完成情况进行反思,对自己的表现进行评价。		
任务名称	任务二 绝缘的检测		
学习场景	新能源汽车维修工位		
任务目的	(1)兆欧表的使用方法。 (2)绝缘的检测		
一、维修作业准备	1. 检查维修作业环境		
	环境光照充足、维修工具齐备	是[]	否[]
	车辆维修区域地面铺设绝缘垫	是[]	否[]
	2. 安装车内三件套、车轮挡块和翼子板护裙		
	是否安装方向盘套	是[]	否[]
	是否安装座椅套	是[]	否[]
	是否铺设地垫	是[]	否[]
	是否安装车轮挡块	是[]	否[]
	是否铺设翼子板护裙	是[]	否[]
	3. 检查驻车制动器和挡位位置		
	是否拉起驻车制动器	是[]	否[]
	是否挡位位置在 P 挡	是[]	否[]
4. 维修工位布置警戒带和警示牌			
是否在维修工位四周布置警戒带	是[]	否[]	
是否在维修车辆的车顶放置警示牌	是[]	否[]	
二、任务实施过程	1. 确认被测物是否与电源切断		是[] 否[]
	2. 确认被测物表面是否清洁		是[] 否[]
	3. 兆欧表检测	开路试验: 指针指在()位置	兆欧表正常: 是[] 否[]
		短路试验: 指针指在()位置	
	4. 确认兆欧表是否摆放平稳、牢固		是[] 否[]
	5. 绝缘垫检测	绝缘垫上取 5 个测试点, 尽量均匀对称选取。	
		左前轮位置测量绝缘电阻为(), 是否正常	是[] 否[]
		左后轮位置测量绝缘电阻为(), 是否正常	是[] 否[]
右前轮位置测量绝缘电阻为(), 是否正常		是[] 否[]	
右后轮位置测量绝缘电阻为(), 是否正常		是[] 否[]	
车辆中心位置测量绝缘电阻为(), 是否正常		是[] 否[]	
6. 绝缘垫绝缘性能是否正常		是[] 否[]	



续表

三、考核评分	1. 检查绝缘手套方法是否正确	是[]	否[]
	2. 检查绝缘靴方法是否正确	是[]	否[]
	3. 检查绝缘服方法是否正确	是[]	否[]
	4. 检查护目镜方法是否正确	是[]	否[]
	5. 检查绝缘工具方法是否正确	是[]	否[]
	6. 检查绝缘垫绝缘值方法是否正确	是[]	否[]
四、自我评价	对在课堂上的实际完成情况进行反思,对自己的表现进行评价		

巩固提高

一、填空题

1. 相对比传统汽车,新能源汽车的最大特点是_____。
2. 电流通过人体时,会产生_____、化学效应、_____,破坏人体内部细胞组织,对人造成伤害,甚至夺取生命。

二、选择题

1. ()是由可充电力电池提供动力源的汽车,是以车载电源为能源,用电动机驱动车轮行驶的车辆。
A. 混合动力汽车 B. 纯电动汽车
C. 燃料电池电动汽车 D. 超级电容器汽车

2. 电流通过人体的途径与触电伤害程度,()最危险。
A. 左手到脚 B. 左脚到右脚 C. 右手到脚 D. 左手到右手

三、判断题

1. 电流频率与触电伤害程度如表 1-2-1 所示,频率在 25~200 Hz 的交流电最易引起人体室颤,其中 100~120 Hz 最危险,高压高频同样十分危险。 ()
2. 在绝缘垫上取 5 个测试点,尽量均匀对称选取,有 2 个点绝缘检测不合格,不影响绝缘性能。 ()

四、简答题

1. 简述电流对人体伤害程度的影响因素。
2. 简述高压安全防护的意义。



项目导读

在电动汽车上,不仅有传统汽车上的 12 V 的低压线,还有用于驱动系统的高压线。为了安全和使用方便,都将它们装在硬质绝缘管中,并用不同的颜色进行区分。如黑色和红色的电线是 12 V 低压电线,一般用于车载电器(音响、车灯、安全气囊等)。蓝色和黄色的电线是 42 V 低压线,一般用于转向助力电动机等。橙色的电线是 144~600 V 的高压线,一般用于动力系统供电线路。因此,在新能源汽车维修过程中,若操作不当,会损坏汽车,危及人身安全。本项目通过对新能源汽车元器件如电阻、电容、电感线圈、二极管、三极管、场效应晶体管和绝缘栅双极型晶体管的结构、原理及应用的学习,掌握新能源汽车的原理特点,并通过规范的操作,养成良好的职业素养。

任务一 电 阻



职业技能标准

工作领域	新能源汽车电子电气空调舒适技术(中级)
工作任务	新能源汽车电阻电路检测
职业技能	新能源汽车电阻电路检测
技能要求	(1)能规范做好高压安全防护。 (2)能规范实施高压断电操作流程
知识要求	(1)能描述高压电的定义及标准。 (2)能说出高压安全防护操作要求



任务描述

随着新能源汽车的日益普及,电在汽车领域中的应用也日渐广泛。新能源汽车的工作电压是数百伏的高压电,远远超过人体所能承受的 36 V 安全电压。因此,在新能源汽车维



修过程中,若操作不当,会损坏汽车,危及人身安全。本任务通过实训搭建电路,在安全的前提下模拟人体对不同大小电流的电击反应,以此感知高压电的危害。通过搭建电路分析电路中的电流与电压、电阻的相互关系,以此验证欧姆定律,利用欧姆定律来分析电路问题,并通过规范的操作,培养良好的职业素养。

情境导入

新能源汽车系统装备了许多高压部件,当需要对其进行保养和维修操作时,需要严格遵守高压安全作业规定。作为售后技术服务人员,需要做好保养或维修前的高压安全防护工作,学会利用欧姆定律来分析电路,并准确地判断电路的故障原因。为此,我们通过认真学习,阅读维修资料,正确认识电阻的特点,利用欧姆定律来分析电路问题,进行规范操作,顺利完成工作任务。

理论学习

一、电阻大小

人碰到带电的导线,电流通过人体即为触电。触电会对人体内部组织造成不同程度的损伤。触电让人体直接受伤的是电流而不是电压。

1. 人体电阻的大小

人体本身是一个导体,相当于一个电阻,如图 2-1-1 所示。人体电阻的大小是影响触电后人体受到伤害程度的重要物理因素,但其阻值并不是一个固定的数值。一般情况下,干燥的皮肤在低电压下具有比较高的电阻,阻值大约为 $100\text{ k}\Omega$ 。当电压高达数百伏时,人体电阻便下降为 $1\text{ k}\Omega$ 左右。影响人体电阻的因素有人体触电面积、身体状况、皮肤干燥程度等。

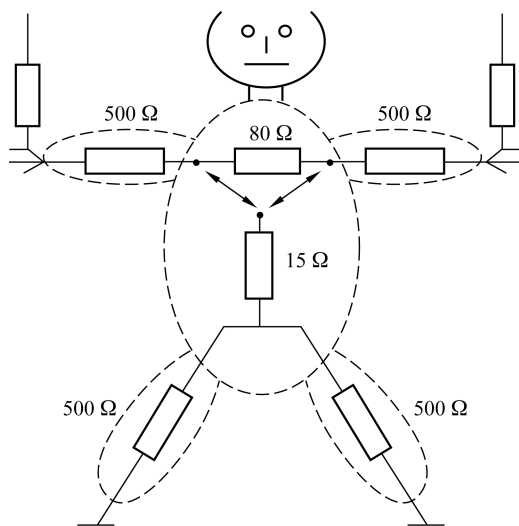


图 2-1-1 人体电阻分布图



2. 人体的安全电压

人体相当于一个电阻,流过人体的电流大小与外加电压有关。因为每一个人的体质不同,所以人体的电阻也不相同,同时还有环境等因素,也会影响人体电阻的大小。因此,为了确保安全,我们不规定安全电流大小,而是规定安全电压,把 36 V 以下的电压规定为安全电压。

3. 人体触电的条件

人体触电的前提条件是人体成为电流回路中的一部分,电流流过人体后对人体造成伤害。触电一般分为两种情况:一种是人接触到直流电导致触电,另一种是人接触到交流电而导致触电。直流触电的原因是人体接触电路的正负极,直接构成回路,触电的安全电压在 36 V 以下。交流触电(见图 2-1-2)是人体接触电源相线(俗称火线),与大地形成了回路,或人体同时接触了相线和中性线(俗称零线),形成了回路导致触电。

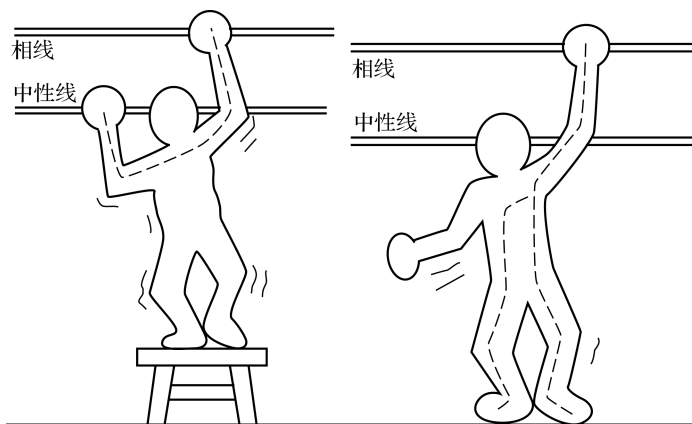


图 2-1-2 交流电触电的两种类型

4. 触电对人体的伤害以及相关影响因素

触电是指人体内有电流通过。触电对人体伤害的种类见表 2-1-1。

表 2-1-1 触电对人体伤害的种类

种 类	说 明
电击	指电流通过人体内部,使人体组织受到伤害。这种伤害的危险性很大,使人的心脏、呼吸系统和神经系统都受到损伤,甚至导致死亡
电伤	指电流的热效应、化学效应和机械效应对人体的伤害,主要指电弧烧伤、融化金属溅出烫伤等几种伤害,电伤比电击对人的伤害要小
电磁场生理伤害	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、多梦等神经系统的症状

触电时,高压电流能使组织坏死并引起大面积肌肉烧伤,将大量的血液电解,造成中枢神经系统强烈失调而死亡。

影响触电危险性的因素有多种,例如,电流的种类、电流的强度、触电的持续时间、身体



触电部位的电阻、电流流过人体的路径和环境的湿度等。一般情况下,直流电比交流电的危险性小。因为直流电会引起肌肉收缩,迫使肢体摆脱触电点。而交流电引起触电部位肌肉僵直,往往妨碍肢体脱离电源,从而使触电时间延长,导致严重的烧伤。常见的触电部位是手,电流流出身体的部位绝大多数是脚,因为电流从一只手臂流到另一只手臂或者从手臂流到脚(见图 2-1-3),都要经过内脏,所以触电会引起呼吸停止、心律失常,程度严重的会直接导致死亡。

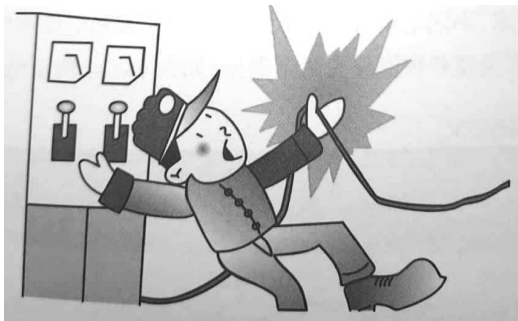


图 2-1-3 人体触电示意图

5. 人体对不同大小电流的反应

当通过人体的交流电流超过 10 mA、直流电流超过 8 mA 时,人就很难摆脱带电体,就会有生命危险。电流流过人体时对人体造成的伤害见表 2-1-2。

表 2-1-2 电流流过人体时对人体造成的伤害

电流/mA	作用特征	
	50~60 Hz 交流电	直流电
0.6~1.5	开始有感觉,手轻微颤抖	手指开始有发麻的感觉
2~3	手指强烈颤抖	手指有强烈的发麻感觉
5~7	手部痉挛	手指肌肉轻微抖动,手指刺痛
8~10	手难以摆脱电极但还能摆脱,手指尖到手腕剧痛	手指关节轻微疼痛,手指不受控制,离不开电源
20~25	手迅速麻痹,不能摆脱电源,剧痛,呼吸困难	手指剧烈疼痛,呼吸急促,无法控制离开电源
50~80	呼吸麻痹,心房开始震颤	呼吸麻痹,头发懵,有强烈的灼痛,呼吸困难
90~100	呼吸麻痹,持续 3 s 就会造成心脏停搏	呼吸困难,心脏跳动紊乱或者停止跳动
300 以上	作用 0.1 s 以上呼吸和心脏停搏,机体组织遭到电流的热破坏	

6. 常用的电击防护用具

虽然新能源汽车设计有防触电功能,但是事故车辆的高压动力蓄电池总成及控制系统还是存在高压电危险。绝缘是最好的防电击伤害的办法,使用不导电的防护用具将身体保护起来,隔绝电流的导通,以此来达到预防电击的目的。在进行新能源汽车的保养或维修时,一定要穿戴好安全防护用具。对车辆进行检修前,要注意检查工具有没有破损漏电的地方。常用的电击防护用具有护目镜、绝缘工具套组、绝缘手套、绝缘鞋、安全帽、绝缘服等,如图 2-1-4 所示。



图 2-1-4 常用的电击防护用具

7. 触电后的解救措施

人体不幸触电以后,可能由于痉挛或失去知觉而紧抓导电体,自己无法摆脱电源。施救者在保证自身安全的同时,首要任务就是使触电者迅速脱离电源。脱离电源的方法包括戴绝缘手套将触电人员脱开或者切断高压电源。总之,要灵活运用各种方法,快速切断电源,防止事故扩大。

施救者在触电者脱离电源后,可以进行以下抢救工作。



(1)解开妨碍触电者呼吸的紧身衣服。

(2)检查触电者的口腔,清理口腔的黏液,如有假牙,则取下。

(3)立即就地进行抢救,如触电者呼吸停止,可采用口对口人工呼吸法抢救。若心脏停止跳动或不规则颤动,可进行人工胸外按压法抢救,绝不能无故中断。

二、欧姆定律

1. 电阻的认知

电阻是电路中最基础的电子元件,对电流的流动起阻碍作用。通常电路中的物质都会阻碍电荷的移动,这种物理特性称为电阻特性,把具有这种物理特性的元件称为电阻器,用符号 R 来表示。影响阻值大小的因素有电阻材料、长度、横截面面积、温度等。电阻的单位是欧姆(Ω),规定当电阻电压为 1 V、电流为 1 A 时的电阻值为 1 Ω 。电阻的单位还有千欧($k\Omega$)和兆欧($M\Omega$)。它们之间的换算关系为 $1 M\Omega = 10^3 k\Omega = 10^6 \Omega$,可以使用万用表电阻挡直接测量电阻值。电阻有固定电阻器、可变电阻和特殊电阻等。固定电阻器的图形符号为“”。可变电阻或变阻器的图形符号为“”,其工作原理是通过移动滑片改变电路中接入电阻的大小。特殊电阻有热敏电阻、光敏电阻和压敏电阻等。

2. 电压的认知

电流之所以能够在导线中流动,是因为在电路中有高电位和低电位的差别,这种差别叫作电位差,也叫作电压。换句话说,在电路中,任意两点之间的电位差称为这两点的电压,如图 2-1-5 所示。电压的符号是 U ,单位是伏特,简称伏,用符号 V 表示。常用的电压单位还有毫伏(mV)和千伏(kV),它们之间的换算关系为 $1 kV = 10^3 V = 10^6 mV$ 。

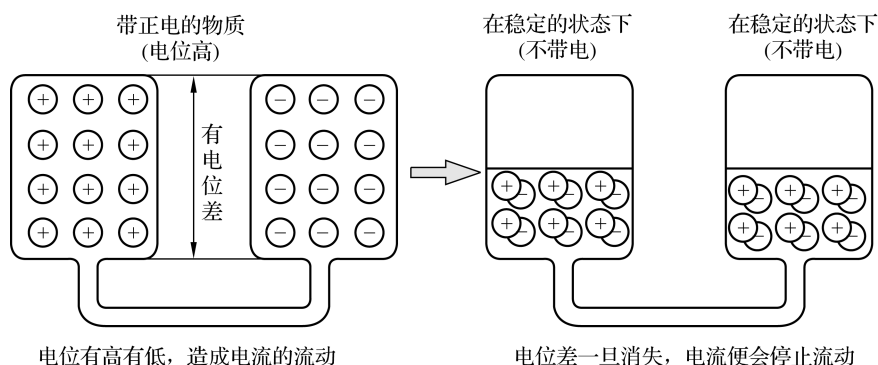


图 2-1-5 电压的概念

3. 电流的认知

导体中的自由电荷在电场力的作用下做有规则的定向运动就形成了电流。电流就是电荷的定向移动, 电流的大小用电流强度表示。电流强度(电流)就是单位时间内通过导体横截面的电荷量。

电流的大小和方向都不随时间改变, 称为直流电流(简称为 DC 或 dc), 简称直流, 用大写字母 I 表示。电流的大小和方向随时间做周期性变化且平均值为零的电流称为交流电流(简写 AC 或 ac), 简称交流, 用小写字母 i 表示。图 2-1-6 所示为直流电流和交流电流波形图。

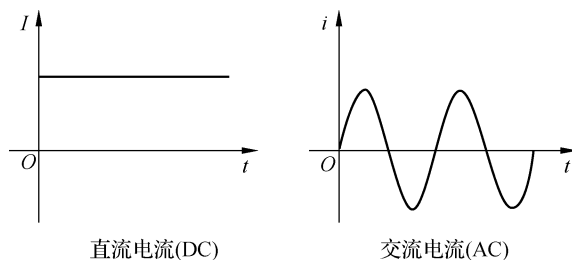


图 2-1-6 直流电流和交流电流波形图

每秒通过导体的电子越多, 电流越大。电流的单位是安培, 简称安, 用符号 A 表示。常用的电流单位还有毫安(mA)和微安(μA), 它们之间的换算关系为 $1\text{ A} = 10^3\text{ mA} = 10^6\ \mu\text{A}$ 。

电路中带电粒子在电源作用下有规则的移动形成电流。习惯上规定正电荷的移动方向为电流的实际方向。电流的方向是由正极到负极, 与电子实际运动方向相反, 如图 2-1-7 所示。

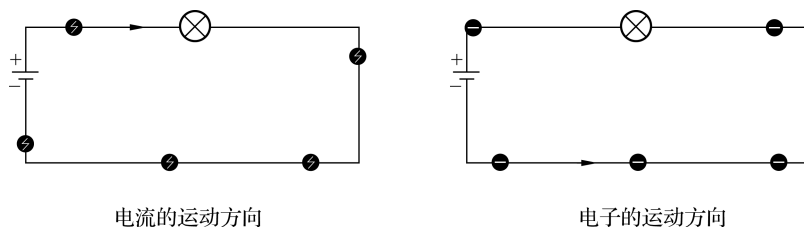


图 2-1-7 电流与电子的运动方向



4. 欧姆定律

欧姆定律是关于导体两端电压与导体中电流关系的定律。它是由德国物理学家欧姆在1826年提出的。它的内容是:在同一电路中,导体中的电流跟导体两端的电压成正比,跟导体的电阻阻值成反比。欧姆定律(直流电路中)的表达式:

$$I = \frac{U}{R} \text{ 或 } U = RI$$

其中 I 、 U 和 R 分别是同一部分电路中同一时刻的电流强度、电压和电阻,单位分别是安培(A)、伏特(V)、欧姆(Ω)。

图 2-1-8 所示为部分电路欧姆定律。根据欧姆定律的推导公式 $R=U/I$,测出待测电阻两端的电压和流过的电流,就可以求出导体的电阻,这种测量电阻的方法叫伏安法。

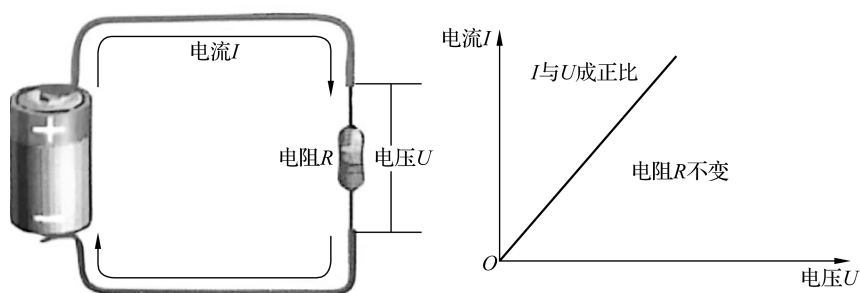


图 2-1-8 部分电路欧姆定律

5. 并联电路的特点

并联电路(见图 2-1-9)是指在电路中,所有电阻(或其他电子元件)的输入端和输出端分别被连接在一起。其特点是:电路的总电流等于各支路电流之和,而且并联电路中各支路两端的电压相等。即从电源正极流出的电流分别流到各支路,每一支路都有电流流过,因此即使某一支路断开,其他支路仍会与干路构成回路。由此可见,在并联电路中,各个支路之间互不牵连,即使其中某一支路发生断路故障,也不会影响其他支路用电设备的正常工作。

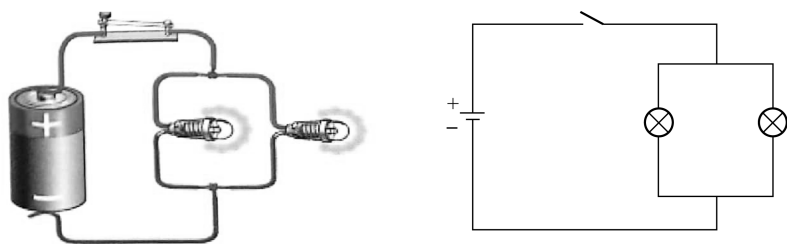


图 2-1-9 并联电路

6. 串联电路的特点

串联电路(见图 2-1-10)是电路中各个元件被导线逐次连接起来的电路。其特点是:电路中电流大小处处相等,电流方向处处相同。在串联电路中,因为电流的路径只有一条,所以从电源正极流出的电流将依次逐个流过各个用电设备,最后回到电源负极。因此在串联