

新能源汽车专业系列教材
“互联网+”新形态一体化教材

新能源汽车 高压安全与防护

XINNENGYUAN QICHE
GAOYA ANQUAN YU FANGHU

主 编 武治发 闫忠孝



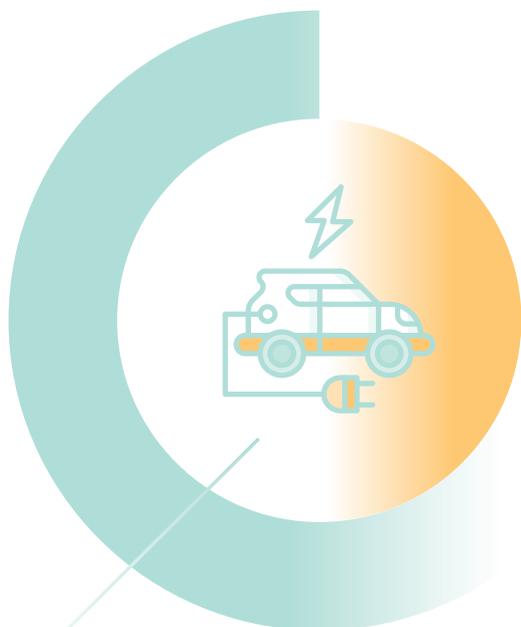
航空工业出版社

新能源汽车专业系列教材
“互联网+”新形态一体化教材

新能源汽车 高压安全与防护

XINNENGYUAN QICHE
GAOYA ANQUAN YU FANGHU

主 编 武治发 闫忠孝
副主编 肖佳鹏 李维年 董学华 陈德志



航空工业出版社

北京

内 容 提 要

本教材旨在介绍学生所需的新能源汽车高压安全与防护相关基础技术与技能，让学生从理论到实践逐步掌握新能源汽车高压安全与防护的理论与科学工作方法。本教材主要分为四个学习项目，分别是高压电基础理论、新能源汽车高压电气系统的认知、新能源汽车高压安全操作规范、高压安全与防护。

本教材可供汽车相关专业的院校师生、汽车后市场从业人员、车辆使用者和爱好者学习使用，也可作为企业职工培训用书。

图书在版编目 (CIP) 数据

新能源汽车高压安全与防护 / 武治发, 闫忠孝主编

. 1 — 北京: 航空工业出版社, 2023.12

ISBN 978-7-5165-3624-7

I. ①新… II. ①武… ②闫… III. ①新能源—汽车—安全技术 IV. ①U469.7

中国国家版本馆 CIP 数据核字 (2023) 第 249828 号

新能源汽车高压安全与防护 Xinnengyuan Qiche Gaoya Anquan yu Fanghu

航空工业出版社出版发行

(北京市朝阳区京顺路 5 号曙光大厦 C 座四层 100028)

发行部电话: 010-85672666 010-85672683

北京荣玉印刷有限公司印刷

2023 年 12 月第 1 版

开本: 787×1092 1/16

印张: 14.5

全国各地新华书店经售

2023 年 12 月第 1 次印刷

字数: 390 千字

定价: 56.00 元

前言

FOREWORD



技术工人队伍是推动高质量发展的重要力量。党的二十大报告指出，要加快建设国家战略人才力量，努力培养造就更多大国工匠、高技能人才。工匠精神是社会文明进步的重要尺度，是中国制造前行的精神源泉，是企业竞争发展的品牌资本，是员工个人成长的道德指引。本教材根据职业教育国家教学标准要求，注重在教学过程中培育学生的工匠精神，对接新能源汽车行业标准、职业技能等级标准等，同时满足汽车类专业技能型紧缺人才的培养需求，可作为汽车类专业教学的教材及企业职工培训用书。

本教材以学生就业及技术技能提升为导向、以培养能力为本位，以适应目前新能源汽车行业对技能型人才的需求。

本教材具有如下特点。

第一，本教材采用项目式编排，以任务驱动为主要形式，每个项目都选取了典型的维修案例进行分析，力求在对接产业行业、强化核心能力的同时，激发学生的学习兴趣，培养学生分析解决实际问题的能力。

第二，本教材参考现行的汽车行业职业技能等级证书的考核形式，注重探索新能源汽车的新知识、新技术、新工艺和新标准的应用；本教材注重实用性、体现先进性、保证科学性、突出实践性，旨在实现教学过程中“岗课赛证”融通。

第三，本教材配备了微课、课件、教案等电子教学资源，具备完善的立体化教学资源，具有文字简洁、通俗易懂、图文并茂、形象直观等特点，既有利于教师的“教”，也有助于学生的“学”，提高“教”和“学”的效果，有需要者可致电教学助手 13810412048 或发邮件至 2393867076@qq.com。

第四，实践案例既选取了易于教学的典型车型，如北汽新能源汽车，也采用了近几年全国职业院校技能大赛新能源维修赛项所使用的车型，如吉利 EV450、大众 ID.4 等；同时在拓展任务中引入了当前国内外主流品牌车型，如比亚迪等品牌车型，使本教材覆盖面更广，能够更好地提高学生举一反三的学习能力；拓展任务围绕“宽、深、新”三个维度来设计，同时注重知识的迁移和创新应用，培养学生的创新意识和创新思维能力。



第五，根据国务院办公厅印发的《新能源汽车产业发展规划（2021—2035年）》文件指示，本教材以习近平新时代中国特色社会主义思想为指导，坚持新发展理念，紧跟技术发展前沿，深化产教融合、校企合作，以解决问题为导向进行相关知识学习，以工作过程为导向制定教学目标，提高教学效果，助力国家科技人才支撑。

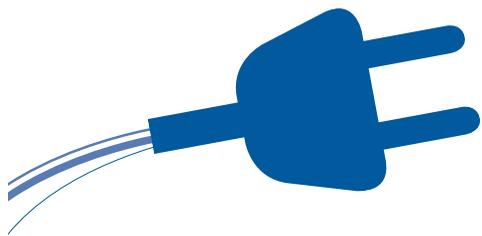
本教材共有四个项目十四个任务，其中，项目一由武治发编写，项目二由肖佳鹏编写，项目三由闫忠孝、李维年编写，项目四由董学华、陈德志编写。

在本教材的编写过程中，编者参考了国内外著作及相关教材，在此对这些著作及教材的作者表示衷心的感谢！

鉴于新能源汽车技术的快速发展，不断有新工艺、新技术、新标准出现，加上编者掌握的资料不足及水平所限，如书中内容存在疏漏和不足之处，欢迎广大读者提出宝贵意见和建议，以便再版时能不断丰富、完善本教材。

编者

2023年6月



目录 CONTENTS

项目一

高压电基础理论

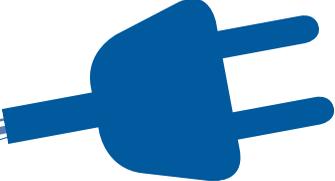
任务一·认识高压电	003
一 电的基础知识	003
二 高压电概述	006
任务二·认识新能源汽车高压电	014
一 新能源汽车高压电	015
二 新能源汽车高压安全标识的识别	016
三 高压区域识别	017

项目二

新能源汽车高压电气系统的认知

任务一·识别新能源汽车高压电气元器件	029
一 新能源汽车高压系统的结构组成	029
二 新能源汽车高压部件的安装位置及特征	039
任务二·认识新能源汽车高压线束	049
一 高压线束的概念	049
二 高压线束的组成	052
三 高压线束分布	054





目录 CONTENTS

任务三·认识新能源汽车高压安全设计	065
一 车辆高压安全指标的测试	065
二 车辆高压断电策略	069
三 高压互锁	071

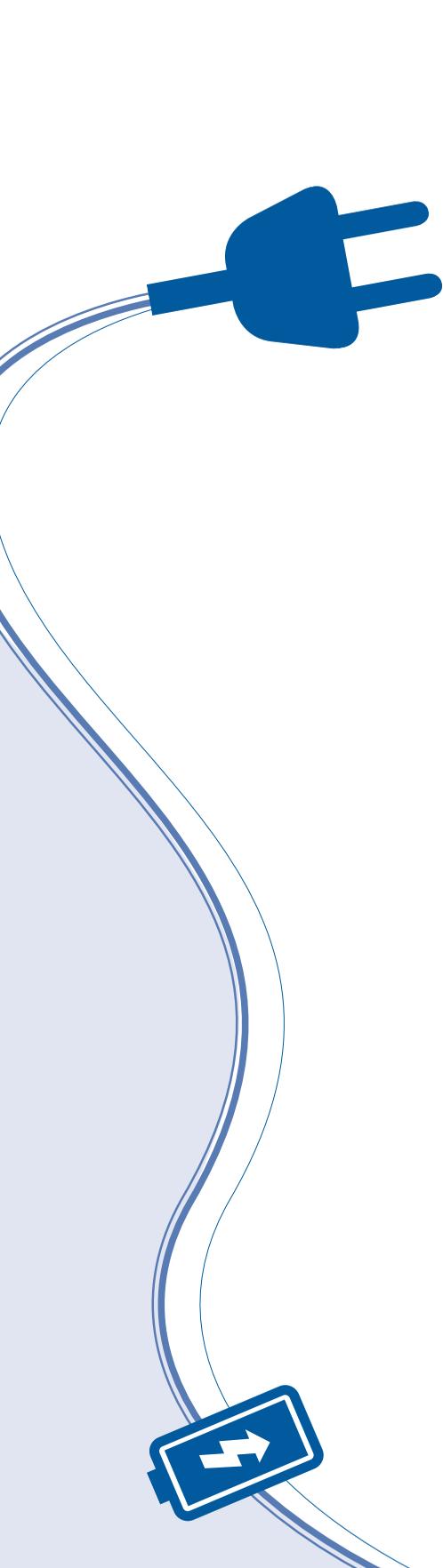
项目三

新能源汽车高压安全操作规范

任务一·理解高压维修车间作业安全要求	085
一 新能源汽车高压维修车间要求	085
二 新能源汽车维修安全管理制度	088
三 新能源汽车维修人员要求	090
任务二·新能源汽车高压电气维修操作规范	099
一 维修操作要求	099
二 作业前检查	100
三 安全操作规范	102
任务三·高压断电操作方法	111
一 车辆高电压的接通与关闭	111
二 手动切断动力电池高压	113
三 高电压系统的断电中止与检验	114
四 高压安全操作注意事项	117



任务一·认识触电伤害	129
一 人体安全电压	129
二 高压电对人体伤害的形式	130
三 交流与直流触电伤害	134
四 人体触电方式	134
任务二·掌握高压触电急救处理方法	142
一 新能源汽车电击事故急救	142
二 新能源汽车的电击预防技术	151
任务三·认识与使用高压防护装备	162
一 高压防护用品作用	162
二 高压防护用品种类	162
任务四·认识与使用高压绝缘工具	177
一 高压绝缘工具	177
二 常见的绝缘拆装工具	178
三 检测仪表的认识与使用	182
任务五·排查新能源汽车高压电气系统绝缘故障	198
一 高压系统对地绝缘性能要求	198
二 绝缘故障诊断排查	200



目录 CONTENTS

任务六·掌握消防安全应急处理方法	212
一 新能源汽车火灾成因分析	213
二 新能源汽车消防应对	213
三 紧急事故处理方法	214
四 火灾预防与应急处理	216
参考文献	224

项目一

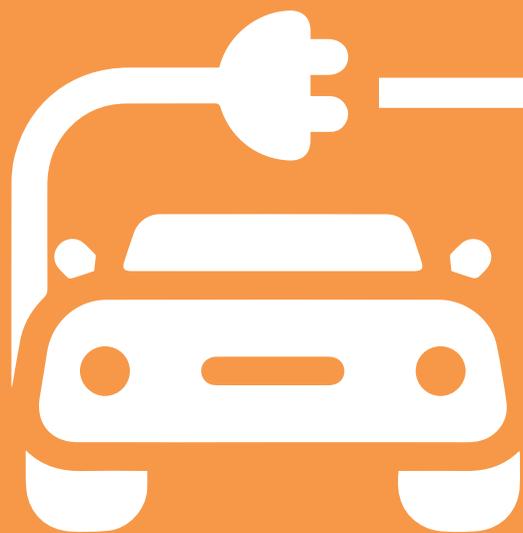


高压电基础理论

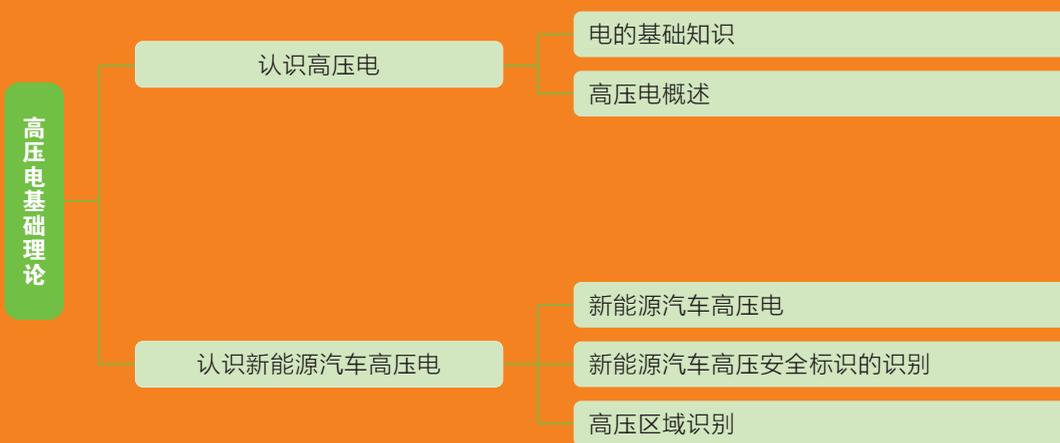
相信所有人对“电”都不陌生，它在我们的生活中无处不在，无论是工作、生活、出行都离不开电。说到出行，大家目前看到路上跑的新能源汽车基本上都是以电为动力源的。同时，电的应用过程中也伴随着危险。例如，新能源汽车不但有 12 V 低压电气设备，还有高压电气系统，有些工作中的电压甚至能达到 800 V，稍有不慎就会发生触电事故，甚至会有生命危险，因此保护相关人员的安全至关重要。

本项目主要介绍电的基本参数、高压电及安全电压、新能源汽车高压标识，以及高压警示颜色，分为“认识高压电”“认识新能源汽车高压电”两个任务，重点学习新能源汽车高压标识，了解新能源汽车高压标识的含义。





知识框图





任务一

认识高压电

学习 目标

知识目标	<ol style="list-style-type: none"> 1. 了解电产生的现象和电的基本参数。 2. 熟悉电压和电流的分类及电的类型。 3. 掌握高压电的定义及等级。
技能目标	能够列举不同领域高压电及电压的安全级别。
素质目标	<ol style="list-style-type: none"> 1. 培养安全意识，养成安全用电习惯。 2. 培养良好的职业道德、工匠精神和团队协作精神。 3. 培养自我管理能力和自主学习能力。

任务 导入

你在一家新能源汽车 4S 店上班，今天接到一辆高压和低压均出问题的故障车，主管让你进行维修，提醒你小心高压触电，你能否完成此任务？

知识 学习

在现实生活中，存在很多众所周知的与电有关的效应，如闪电、摩擦起电、静电感应、电磁感应等。电在人类的日常生活中发挥着相当重要的作用。例如，人们利用它来使电灯发光、带动机械转动等。目前新能源汽车上安装了大量用电设备。

电的应用给人们带来了便利，同时也伴随着诸多危险。例如，人一旦触电便会引起电击和电伤，电路短路可能引起火灾等危害，电池短路还可能会引发爆炸等危险。新能源汽车上除了有 12 V 低压电气设备外，还配有高压电气系统，有些设备的电压甚至超过 800 V，操作不当就会发生触电，严重情况下还可能引起电池起火爆炸，给相关人员带来生命危险。因此，在面对新能源汽车时加强对高压电的认知和确保高压电安全至关重要。

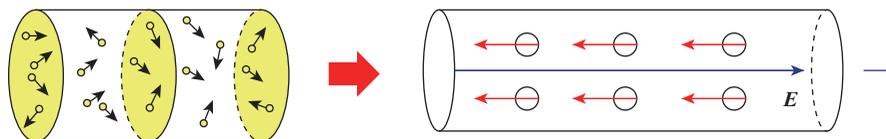
一 电的基础知识

电其实是一种能量，是电子流动的表现形式，它的定义是“在某个力的作用下，通过某个导

体的电子流”，其基本参数主要有电流和电压。

(一) 电流

在人们的日常生活中，如果摩擦一个物体，如玻璃棒、塑料棒等，出现能够吸引轻小物体的现象，就说明这些被摩擦过的物体带了电荷，电荷的定向移动则形成了电流，如图 1-1-1 所示。导体中的电流有正、负电荷的定向移动，一般规定电流方向为正电荷定向移动的方向。



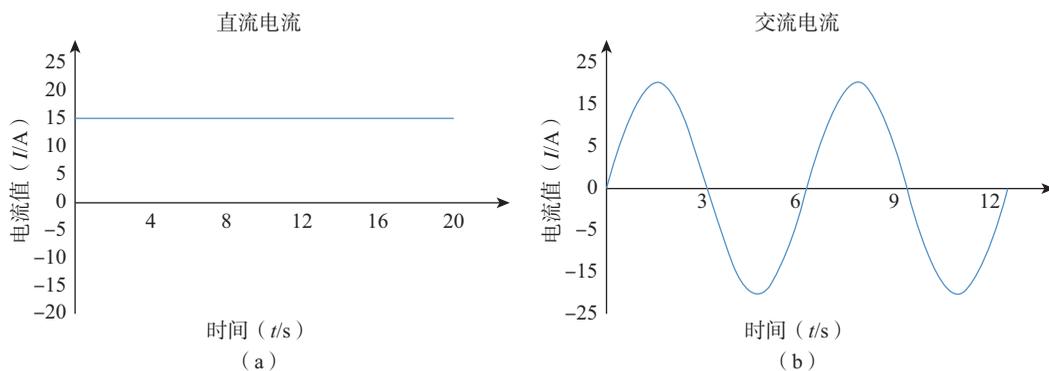
▲ 图 1-1-1 电流的形成

电流的大小在物理学上通常描述为通过导体横截面积的电荷量 Q 与所用时间 t 的比值

$$I = \frac{dQ}{dt}$$

其中，电流 I 的单位为安培 (A，简称安)，常用的单位还有毫安 (mA)、微安 (μA)，数量级为 10^3 ；电荷 Q 的单位为库 [仑] (C)，时间 t 的单位为秒 (s)。

根据电流的大小和方向是否随时间变化，可将电流分为直流 (DC, direct current) 和交流 (AC, alternating current)。直流电是指大小和方向都不变的电流，又称恒电流，如图 1-1-2 (a) 所示。交流电是指大小和方向都发生周期性变化的电流，这类电流在一个周期内的运行平均值为零，称为交变电流，简称交流电，如图 1-1-2 (b) 所示。



▲ 图 1-1-2 电流分类

(a) 直流电流；(b) 交流电流

由于直流电的大小和方向不随时间发生变化，一般被广泛应用于各类生活小电器中，如手电筒 (干电池)、手机 (锂电池)、电动汽车 (低压蓄电池) 等，而干电池 (1.5 V)、锂电池、低压蓄电池等被称为直流电源。这些电源电压都不会超过 24 V，属于安全电源。

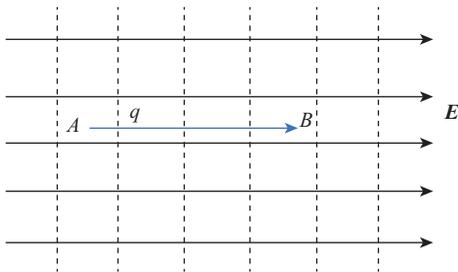
然而，交流电的大小和方向会随时间作周期性变化。当法拉第发现了电磁感应后，产生交流

电流的方法则被发现，即当闭合线圈在匀强磁场中绕垂直于磁场的轴匀速转动时，线圈里就产生大小和方向作周期性改变的正弦交流电。交流电以正弦交流电应用最为广泛，且其他非正弦交流电一般都可以经过数学处理后，化为正弦交流电的叠加。正弦电流（又称简谐电流）是时间的简谐函数，通常使用一个正弦波表示一个循环，一个循环就是形成完整波形的过程，使用赫兹（Hz）计量每秒的循环次数。

交流电没有正负极，直流电正负极不能互换。电子设备一般来说都会用直流电，而大多数家用的电器需要通过交流再转变为直流，然后才能够使用。

（二）电压

电压，也被称作电势差或电位差，是衡量单位电荷在静电场中由于电势不同所产生的能量差的物理量，它是电路中自由电荷定向移动形成电流的原因。电压的国际单位制为伏特（V，简称伏），常用的单位还有毫伏（mV）、微伏（ μV ）、千伏（kV）等。电压在某点至另一点的大小等于单位正电荷因受电场力作用从该点移动到另一点所做的功，电压的方向规定为从高电位指向低电位的方向，如图 1-1-3 所示，电荷 q 在电场中从 A 点移动到 B 点，电场力所做的功 W_{AB} 与电荷量 q 的比值，叫作 AB 两点间的电势差（ AB 两点间的电势差，也称为电位差），用 U_{AB} 表示。



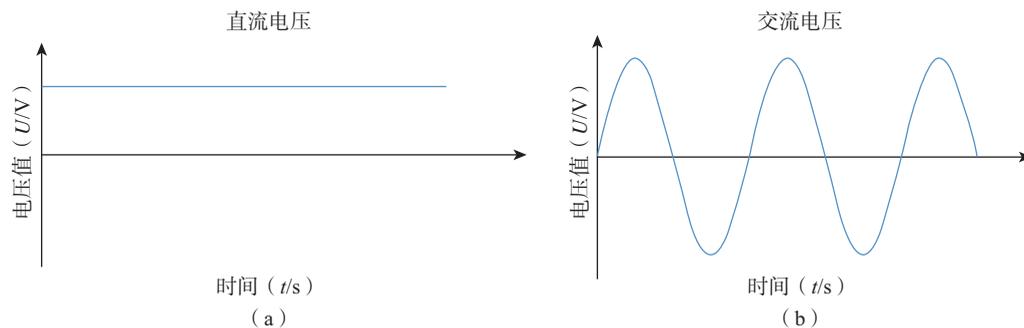
▲ 图 1-1-3 电荷沿场强方向由 A 点移动 B 点

电压的计算公式为

$$U_{AB} = \frac{W_{AB}}{q}$$

两点间的电压具有唯一确定的数值，两点间的电压只与这两点的位置有关，与电荷移动的路径无关。如 A 、 B 两点的电压关系是： $U_{AB} = -U_{BA}$ 。沿电路中任一闭合回路行走一周，各段的电压的和恒为零。

根据电压变化与否，电压可分为直流电压和交流电压，如图 1-1-4 所示。如果电压的大小和方向都不随时间变化，则称为直流电压，又称恒定电压，如手电筒电池两端和灯泡两端的电压都是直流电压。如果电压的大小和方向都随时间发生周期性变化，则称为交流电压。绝大多数汽车电路均由车辆蓄电池或发电机来提供电源，且通常为 12 V 电气系统。但纯电动汽车或混合动力汽车动力电池的电压一般在 200 V 以上。



▲ 图 1-1-4 电压的分类
(a) 直流电压; (b) 交流电压

二 高压电概述

根据不同的标准,电的种类划分有很多种,目前最常见的是按照电压大小进行划分,分为高压电、低压电。然而,在不同行业,高低压电划分的标准也不一样。例如:在工业上,电压为 380 V 以上的称为高压电;对电厂发电和供电来讲,电压在 6 kV 以上的称为高压电,以下的则为低压电;在国家电力配置系统中,高压电是指配电线路交流电压在 1 kV 以上或直流电压在 1.5 kV 以上的电,低压电是指交流电压在 1 kV 以下或直流电压在 1.5 kV 以下的电。

高压电和低压电的区别是以电气设备的对地电压值为依据的,对地电压在 1 kV 以下时称为低压电,对地电压在 1 kV 及以上时称为高压电。显然,高压电这个概念是相对的,低压电和高压电之间没有绝对的界限,需要根据实际情况进行划分。高压电网如图 1-1-5 所示。



▲ 图 1-1-5 高压电网

安全电压,是为了防止触电事故而由特定电源供电所采用的电压系列。根据生产和作业场所的特点,采用相应等级的安全电压,是防止发生触电伤亡事故的根本性措施。我国国家标准规定我国安全电压额定值共有五个等级,为 42 V、36 V、24 V、12 V 和 6 V,应根据作业场所、操作员条件、使用方式、供电方式、线路状况等因素选用。例如:特别危险环境中使用的手持电动工

具应采用 42 V 特低电压；有电击危险环境中使用的手持照明灯和局部照明灯应采用 36 V 或 24 V 特低电压；金属容器内、管道内施焊检修、特别潮湿处等特别危险环境中使用的手持照明灯就采用 12 V 特低电压；水下作业等场所应采用 6 V 特低电压。显然，当电气设备采用的电压超过安全电压时，必须按规定采取防止直接接触带电体的保护措施。

人在接触高压电时会发生危险，其危害程度主要取决于通过人体电流的大小和通电时间长短。电流越大，持续作用时间越长，致命的危险性越大。一般将能引起人感觉的最小电流值称为感知电流，交流为 1 mA，直流为 5 mA。人触电后能自己摆脱的最大电流称为摆脱电流，交流为 10 mA，直流为 50 mA。能在较短的时间内危及生命的电流称为致命电流，如果 50 mA 的电流通过人体 1 s，则足以致命，因此致命电流为 50 mA。在有防止触电保护装置的情况下，人体允许通过的电流一般为 30 mA。

电动汽车的工作电压等级划分通常涉及两个概念：高压电气系统和低压电气系统。这种划分是根据电动汽车所使用的电力系统的电压等级来进行的。高压电气系统是指电动汽车中用于驱动电动机的主要电力系统。高压电气系统的电压等级通常较高，一般在 200 V 到 800 V，特殊情况下甚至会更高。高压电气系统的电压等级较高，有助于减小电流的大小，从而减少能源损耗和线路压降。高压电气系统还能提供较高的功率，以满足电动汽车的动力需求。低压电气系统是指电动汽车中用于供电车辆的其他电子设备和辅助系统的电力系统，低压电气系统的电压等级通常较低，一般在 12 V 到 48 V 之间。低压电气系统用于供电车辆的照明、通信、音响系统等，以及充电控制、辅助电源等功能。需要注意的是，实际的电动汽车的工作电压等级可能会因车型、制造商和地区的差异而有所不同。电动汽车制造商在设计和制造车辆时会遵循相关的安全标准和规定，以确保高压电气系统和低压电气系统的安全性和可靠性。另外，电动汽车的电力系统还涉及其他方面的设计和配置，如充电设施、电池管理系统等，这些也需要与工作电压等级相匹配，并遵循相应的标准和规范。

任务 实施

实训任务：认识高压电

班级	组号	指导教师	日期
实训车型	比亚迪 - 秦	需要的检测设备	三件套、数字绝缘表、车轮挡块等
实训目标	(1) 能够描述电产生的现象和电的基本参数，掌握电的类型。 (2) 能够列举不同领域高压电及电压的安全级别。 (3) 养成安全操作的习惯。 (4) 组员间合作学习，培养团队精神。 (5) 能通过各种媒体查找资源，具备较强的信息检索能力。 (6) 能进行自主学习，掌握新知识、新技能。		
任务说明	本任务主要介绍电的基本参数、高压电及安全电压，通过本任务的学习，能够熟悉不同领域的高压电及电压的安全级别，为后续的学习奠定安全基础。		

一、根据实训内容，填写小组成员任务分工表

序号	姓名	任务分工
1		
2		
3		
4		
5		
6		

二、实训操作

实训活动	操作内容
(一) 认识高压电	<p>1. 电的基础知识</p> <p>(1) 电的基本参数：_____和_____。</p> <p>(2) 电流是由导体内电荷的定向移动形成的，如果规定正电荷定向移动的方向为电流方向，请在横线处画出下图中电流的流动方向。</p> <div data-bbox="574 970 1058 1176" data-label="Diagram"> </div> <p>电流的方向：_____</p> <p>(3) 请对下面电流的常用单位进行换算，将换算的结果填写在横线上。</p> <p>5 A = _____ μA _____ mA = 10^{-6} kA 18 kA = _____ A</p> <p>100 mA = _____ μA 12000 mA = _____ A = _____ kA</p> <p>(4) 根据电流的大小和方向变化情况，可以将电流分为直流电流和交流电流，下图中：图_____为直流电流，图_____为交流电流。</p> <div data-bbox="317 1411 801 1734" data-label="Figure"> <p>(a)</p> </div> <div data-bbox="816 1411 1307 1734" data-label="Figure"> <p>(b)</p> </div>

续表

实训活动	操作内容
<p>(一) 认识 高压电</p>	<p>(5) 电压, 也称作电势差或电位差, 是衡量_____的物理量。电压的方向规定为从_____指向_____的方向, 即_____的方向。</p> <p>(6) 电压的计算公式是_____。</p> <p>(7) 纯电动汽车或混合动力汽车动力电池的电压一般在_____V以上。</p> <p>(8) 下列关于电压描述正确的是()。【多选】</p> <p>A. 根据电压的变化, 可将电压分为直流电压和交流电压</p> <p>B. 如果电压的大小和方向都不随时间变化, 则称为直流电压</p> <p>C. 手电筒电池两端和灯泡两端的电压都是直流电压</p> <p>D. 电压的大小和方向都随电流变化, 则称为交流电压</p> <p>(9) 对于电压的描述, 下面说法正确的有哪些? 请在正确的说法前打上“√”。</p> <p><input type="checkbox"/>电压方向是从低电位指向高电位。</p> <p><input type="checkbox"/>根据变化与否, 电压可分为直流电压和交流电压。</p> <p><input type="checkbox"/>电压的公式可表示为 $U_{AB} = dW/dq$。</p> <p><input type="checkbox"/>电压的单位转换中, $1 \text{ mV} = 10^{-3} \mu\text{V}$。</p> <p>(10) 请对下面电压的常用单位进行换算, 将换算的结果填写在横线上。</p> <p>$5 \text{ V} = \underline{\hspace{2cm}} \mu\text{V}$ $\underline{\hspace{2cm}} \text{ mV} = 10^{-6} \text{ kV}$ $18 \text{ kV} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ V}$</p> <p>$100 \text{ mV} = \underline{\hspace{2cm}} \mu\text{V}$ $16000 \text{ mV} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ V} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ kV}$</p> <p>2. 高压电</p> <p>(1) 根据电压的大小, 可以分为_____、_____和_____。</p> <p>(2) 在不同行业, 高低压电划分的标准(<input type="checkbox"/>一样 <input type="checkbox"/>不一样)</p> <p>(3) 判断下列情况是高压电, 还是低压电:</p> <p>①电厂发电和供电, 以 6 kV 为界, 8.2 kV 是(<input type="checkbox"/>高压电 <input type="checkbox"/>低压电)。</p> <p>②电厂发电和供电, 以 6 kV 为界, 3.5 kV 是(<input type="checkbox"/>高压电 <input type="checkbox"/>低压电)。</p> <p>③在工业上, 以 380 V 为边界, 450 V 是(<input type="checkbox"/>高压电 <input type="checkbox"/>低压电)。</p> <p>④在工业上, 以 380 V 为边界, 220 V 是(<input type="checkbox"/>高压电 <input type="checkbox"/>低压电)。</p> <p>(4) 低压电和高压电之间没有绝对的界限。(<input type="checkbox"/>对 <input type="checkbox"/>错)</p> <p>(5) 高低压电的区别是以电气设备的对地电压值为依据。对地电压高于或等于_____V 的为高压, 对地电压小于_____V 的为低压。</p> <p>(6) 根据我国相关规定, 安全电压额定值共有五个等级: _____V、_____V、_____V、_____V 和 _____V。</p> <p>(7) 在接触高压电时高压电对人体的危害程度, 主要取决于通过人体电流的大小和通电时间长短。一般将能引起人感觉的最小电流值称为感知电流, 交流为_____, 直流为_____；人触电后能自己摆脱的最大电流称为摆脱电流, 交流为_____, 直流为_____。</p>

续表

实训活动	操作内容		
(二) 列出电动汽车上不同电气设备的电压	以比亚迪 - 秦为例:		
	名称	额定电压值	是否为高电压
	动力电池		<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否
	驱动电机		<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否
	电机控制器		<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否
	空调压缩机		<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否
	前照灯		<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否
	转向辅助电机		<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否
	整车控制器		<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否

三、实训收获

考核 评价

考核评价分为学生自评、小组互评、教师评价及综合评价。各小组代表汇报展示实训工作成果，介绍任务完成过程，将评价结果填入下方。

班级		组别		组长		日期	
实训任务		认识高压电					
学生自评							
评价项目	评价标准					分值	得分
获取信息	积极查询资料，掌握相关知识					10	
进行决策	积极思考，制订合理、可行的工作方案					10	

续表

评价项目	评价标准	分值	得分
任务实施	根据任务实施内容进行实训，达到预期学习目标	60	
工作态度	态度端正，认真严谨，积极主动	5	
工作质量	能严格按照工作方案操作，按计划完成任务	5	
协调能力	能与小组成员、其他同学进行合作交流、协调完成工作	5	
职业素养	安全生产，团结协作，爱护公共设施，保护环境	5	
合计		100	

小组互评

评价项目	分值	评价对象(组别)							
		1	2	3	4	5	6	7	8
方案合理	20								
团队合作	10								
组织有序	10								
工作质量	20								
工作效率	10								
工作完整性	10								
工作规范性	10								
汇报展示	10								
合计	100								

教师评价

评价项目	评价标准	分值	评价对象(组别)							
			1	2	3	4	5	6	7	8
考勤 (5%)	没有无故迟到、早退、旷课现象	5								
工作过程 (80%)	获取信息	积极查询资料，掌握相关知识	5							
	进行决策	积极思考，制订合理、可行的工作方案	5							
	任务实施	根据任务实施内容进行实训，达到预期学习目标	50							
	工作态度	态度端正，认真严谨，积极主动	5							



续表

评价项目	评价标准		分值	评价对象(组别)									
				1	2	3	4	5	6	7	8		
工作过程 (80%)	工作质量	能严格按照工作方案操作,按计划完成任务	5										
	协调能力	能与小组成员、其他同学进行合作交流、协调完成工作	5										
	职业素养	安全生产,团结协作,爱护公共设施,保护环境	5										
项目成果 (15%)	工作完整性	能按时完成工作任务的所有环节	5										
	工作规范性	能在整个操作过程中规范操作,避免意外事故发生	5										
	汇报展示	能准确表达,汇报工作成果	5										
合计			100										

综合评价

自评(20%)	小组互评(30%)	教师评价(50%)	综合得分
综合评语			
课后反思	例如:学习过程中遇到什么问题→如何解决的/解决不了的原因→心得体会		

任务 练习

一、判断题

1. 直流电广泛应用于手电筒、手机等各类生活小电器。 ()
2. 金属导体中自由电子的移动方向和规定的电流方向一致。 ()
3. 直流电有频率,通常使用一个正弦波来表示一个循环。 ()
4. 习惯上规定正电荷定向移动的方向为电流方向。 ()
5. 在国家电力系统中:电压的高低以电气设备的对地电压值为依据。对地电压高于或等于

1000 V 的为高压；对地电压小于 1000 V 的为低压。

()

二、选择题

1. 一般，安全电压交流电不超过 36 V，直流电不超过 ()。【单选】
A. 30 V B. 12 V C. 24 V D. 50 V
2. 电流的测量单位是 ()。【单选】
A. 安培 B. 伏特 C. 欧姆 D. 库仑
3. 纯电动汽车或混合动力汽车动力蓄电池的电压一般在 () 以上。【单选】
A. 380 V B. 280 V C. 200 V D. 220 V
4. 在有防止触电保护装置的情况下，人体允许通过的电流一般为 ()。【单选】
A. 5 mA B. 10 mA C. 30 mA D. 50 mA
5. 交流电在中国以 () 状态接入送电。【单选】
A. 110 V 60 Hz B. 110 V 50 Hz C. 220 V 60 Hz D. 220 V 50 Hz



任务二

认识新能源汽车高压电

学习 目标

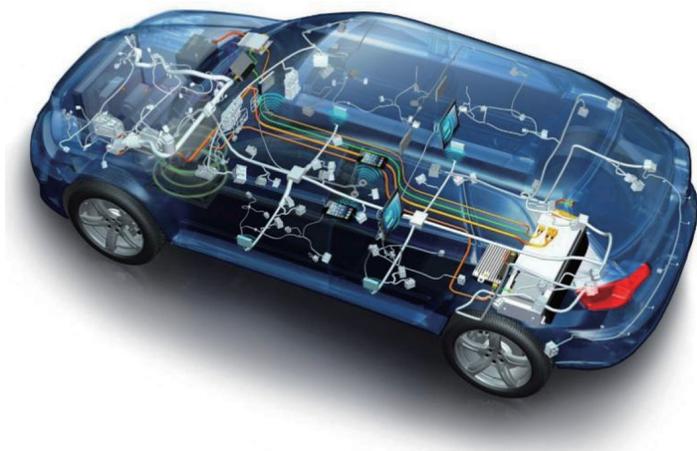
知识目标	<ol style="list-style-type: none">1. 掌握新能源汽车高压电划分标准。2. 了解新能源汽车高压安全标识。
技能目标	<ol style="list-style-type: none">1. 能够说出新能源汽车的电压的分类标准和级别。2. 能够区别新能源汽车高压标识和高压警示颜色。3. 能够准确找到新能源汽车高压标识。
素质目标	<ol style="list-style-type: none">1. 培养广泛学习、勤于思考的良好习惯。2. 培养安全意识和团队协作精神。3. 激发科技创新的使命担当和科技报国的家国情怀。

任务 导入

你在一家新能源汽车 4S 店工作，今天接到一辆发生事故的纯电动汽车，完成修复后，需要进一步检查全车的电气元件，主管将这个任务交给你去做，并提醒你注意高压电，你能否完成这个任务？

知识 学习

相对于传统汽车而言，新能源汽车有一个重要特点，就是增加了具有高电压、大电流的动力电路回路，比较复杂，如图 1-2-1 所示。为了更好地适应电机驱动工作的特性要求，提高工作效率，新能源汽车内的高压电气系统的工作电压高达 300 V 以上，但电力传输线路的阻抗很小，因此，高压电气系统的正常工作电流可能达到数十甚至数百安培，发生瞬时短路时放电电流将瞬时成倍增加。新能源汽车启动时，电源系统及动力电池向驱动电机及其他电气设备供电。当动力电池的电压高于或低于设定的电压时，系统将会切断电源供应，同时发出警告。



▲ 图 1-2-1 新能源汽车的电气线路

一 新能源汽车高压电

新能源汽车高低电压的划分主要是根据车辆使用电压的高低情况，分为三类：高电压、中电压、低电压。传统车辆应用低于 30 V 的直流低电压；轻混合电动汽车应用高于 30 V 低于 60 V 的直流中电压；双模混合动力或纯电动汽车应用 60 V 以上的直流高电压。根据电压变化与否，新能源汽车高电压可分为直流高压和交流高压。直流高压主要分布在动力电池到各个驱动部件的位置，如动力电池到驱动逆变器之间连接的是直流高电压；动力电池到高压压缩机之间连接的是直流高电压。交流高压主要分布在逆变器与驱动电机之间，以及充电接口与车载充电机之间。不同的是，逆变器与驱动电机之间的交流高电压通常都在 300 V 左右，而充电接口与车载充电机之间的交流高电压为外部电网的 220 V 的电压。

根据国际《电动汽车安全技术规范》的规定，高电压的定义标准是直流电压和交流电压分别在 60 V、25 V 以上。因此，要求人们在维修或接触电动汽车时应配备安全保护装置且必须按一定的操作规范进行作业，否则会危及生命。同时，新能源汽车在使用过程中，电压安全级别有严格的规定。

按照国家标准《电动汽车安全要求》(GB 18384—2020) 中人员触电防护要求，根据不同电压等级可能对人体产生的伤害和危险程度不同，在新能源汽车中，将电压分为两个级别，如表 1-2-1 所示。

表 1-2-1 电压安全等级

电压等级	最大工作电压 /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：较为安全的电压等级。直流电小于或等于 60 V；交流电（频率范围为 50 ~ 150 Hz）低于或等于 30 V。在此电压范围内的维护人员不需要采取特殊的放电保护。

B 级：对体会产生伤害，被认为是高电压。在该电压下必须使用必要的防护设备对维护人员进行保护。

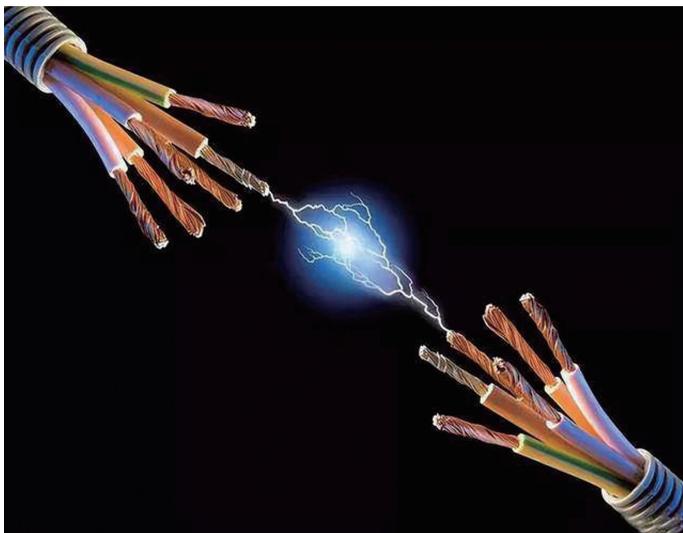
在新能源汽车中，低压通常指的就是 12 V 电源系统的电气线路，而高压主要指的是动力电池及相关线路的电压。新能源汽车的高压具有如下特点。

（1）高压的电压一般都设计在 200 V 以上。例如，大多数的电动汽车或混合动力汽车的动力电池电压都在 280 V 左右。

（2）高压存在的形式既有直流电，也有交流电。这包括动力电池的直流电，也有充电时的 220 V 电网交流电，以及电动机工作时的三相交流电。

（3）高压对绝缘的要求更高。大多数传统汽车上设计的绝缘材料，当电压超过 200 V 时就变成了导体，因此在新能源汽车上的绝缘材料需要具有更高的绝缘性能。

（4）高压对正负极距离的要求。12 V 电压情况下，正负极之间的距离很近时才会有击穿空气的可能，但是当电压高到 200 V 以上时，正负极之间有很大的距离时就会产生击穿空气而导电的现象，也就是我们常说的电弧，如图 1-2-2 所示，在 300 V 电压下，两根导线距离 10 cm 时就会发生击穿空气而导电。



▲ 图 1-2-2 电弧现象

新能源汽车高压安全标识的识别

为了避免高压触电危险，在新能源汽车中通常对高压电气系统部件采用特殊的标识或颜色，给予车主或维修工作人员警示。甚至有时为了强调危险，在高压标识旁边还会附加一些警告文字。新能源汽车通常采用高压警示标识和高压警示颜色两种形式进行高电压的标识警示。

（一）高压警示标识

新能源汽车上每个高压部件一般会在重要部位、接口或者管路上贴有高压警示标志，以提醒车主、维修工作人员、售后服务人员或者紧急救援人员。人们可通过标记直观清晰地看出高电压可能带来的危险，所用警示牌基于国际标准危险电压警告标志。如图 1-2-3 所示，高压警示标识通常采用黄色底色或红色底色。



▲ 图 1-2-3 高压警示标识

（二）高压警示颜色

由于高压导线较长，因此在一处或两处通过警示牌标记意义不大。车主或维修人员等可能会忽视这些标牌。因此，为了便于分辨，通常采用警示颜色标记出所有高电压导线。根据国际通行规定，新能源汽车高压电配线的线皮标识颜色为橙色，高压导线的某些插接器以及高压安全插接器也采用橙色设计，如图 1-2-4 所示。在新能源汽车上对有高电压的部件，都采用颜色鲜艳的橙色警戒标识，在进行维修操作时，对待高压部件应小心谨慎，严格按照安全规定进行，绝对不能随便触碰。



▲ 图 1-2-4 高压警示颜色（橙色）

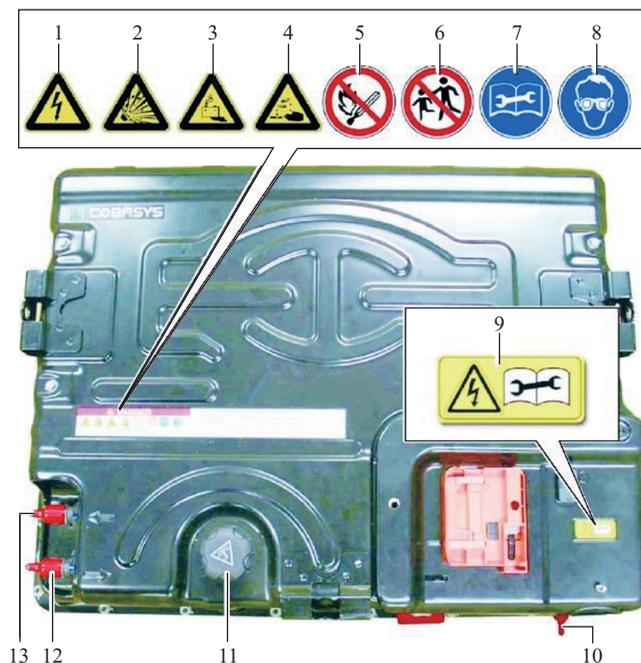
三 高压区域识别

（一）镍氢蓄电池

镍氢蓄电池（NiMH）以氢氧化钾溶液作为电解液。这种碱液具有腐蚀性和刺激性。电解液从

镍氢蓄电池中流出时，维修人员不得接触电解液。接触或吞食电解液后，必须立即到医院治疗，并让消防队清除流出的电解液。镍氢电池充电或放电过程中有化学反应，因此会产生气体（氧气或氢气）。这些气体通过镍氢电池壳体上的阀门排出。按规定运行时，气体浓度较低，没有危险（制造商会说明）。

为提示可能存在的危险，镍氢蓄电池带有危险符号标记，如图 1-2-5 所示。



- 1—危险电压警告；2—易爆物品警告；3—电池危险警告；4—腐蚀性物品警告；5—禁止明火、火焰和吸烟；
6—禁止儿童接触；7—注意操作说明和维修说明；8—戴防护眼镜；9—高压组件的安全标签；10—氢气流出口；
11—冷却循环回路补液罐；12—冷却液管路接口（入口）；13—冷却液管路接口（出口）。

▲ 图 1-2-5 镍氢电池结构及危险符号标记

（二）锂离子电池

新能源汽车使用的锂离子电池在按规定运行且处于无损状态时无危险。其按规定运行时有严格的限制，不允许锂离子电池过载且不得处于温度过高的环境中。过载可能导致金属锂沉积在正电极上，负电极可能分解。这种情况下会产生高温，锂离子电池可能着火。在新能源汽车中，锂离子电池控制单元负责在规定边界条件下的充电和放电过程。控制单元借助传感器监控电解槽温度和电解槽电压，必要时控制单元可以干预充电和放电过程。这不仅适用于行驶模式，也适用于通过充电器在 12 V 系统上为高压蓄电池充电的情况。

锂离子电池的运行温度约为 50 ℃，超过该温度时会导致使用寿命缩短。锂离子电池失火时很难扑灭，但是其本身没有直接爆炸的危险。锂离子电池失火时产生的高温可能引燃周围物品，最终可能导致爆炸。

新能源汽车所用锂离子电池的壳体采用密闭封装结构，仅通过高压接口和冷却液管路与外

界连接。尽管如此，处置这类高电压蓄电池时仍需采取特殊的预防措施。必须注意锂离子电池安全标签上的安全数据表、警告标志及禁止标志，如图 1-2-6 所示。



1—安全标记；2—壳体。

▲ 图 1-2-6 锂离子电池安全标签

(三) 电动机

新能源汽车中的电驱动装置功率较高，所用电动机以较强的磁场工作。这种磁场由永久磁铁或电磁铁产生。即使高压系统或电动机关闭，磁场也会存在，尤其是永久磁铁产生的磁场。这些磁场可能影响医疗电子设备的功能，尤其是心脏起搏器的功能。为指明这类危害，组件上带有相应禁止标志。

任务 实施

实训任务：认知新能源汽车高压电

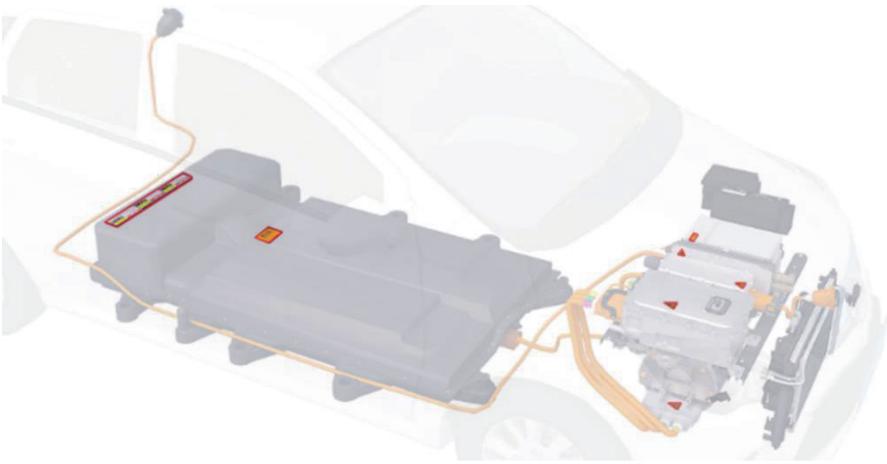
班级	组号	指导教师	日期
实训车型	比亚迪 - 秦	需要的检测设备	三件套、数字绝缘表、车轮挡块等
实训目标	(1) 了解新能源汽车高压标准。 (2) 能说出新能源汽车的电压的分类标准和级别。 (3) 能区别新能源汽车高压标识和高压警示颜色。 (4) 能准确找到新能源汽车高压标识。 (5) 养成安全操作的习惯。 (6) 组员间合作学习，培养团队精神。 (7) 能通过各种媒体查找资源，具备较强的信息检索能力。 (8) 能进行自主学习，掌握新知识、新技能。		
任务说明	本任务主要介绍新能源汽车高压标识以及高压警示颜色，通过对本任务的学习，能够准确找到新能源汽车高压标识并了解其含义。		



一、根据实训内容，填写小组成员任务分工表

序号	姓名	任务分工
1		
2		
3		
4		
5		
6		

二、实训操作

实训活动	操作内容		
(一) 前期准备	在进行实际操作前，请同学们检查防护用具、维修工具与设备是否准备到位，打“√”。 实训设备：比亚迪 - 秦一辆 <input type="checkbox"/> 防护工具：工作服 <input type="checkbox"/> 绝缘鞋 <input type="checkbox"/> 橡胶手套 <input type="checkbox"/>		
(二) 认知前操作	安全防护装置是否穿戴好	是 <input type="checkbox"/>	否 <input type="checkbox"/>
	蓄电池负极插头是否断开	是 <input type="checkbox"/>	否 <input type="checkbox"/>
	维修开关是否拔掉，拔掉之后是否等待 5 分钟	是 <input type="checkbox"/>	否 <input type="checkbox"/>
(三) 高压标识整体认知	(1) 高压电非常危险，因此必须设置警告标识。有时为了强调其危险性还会在标识旁边添加一些警告文字。 		

续表

实训活动	操作内容
<p>(三) 高压标识整体认知</p>	<p>(2) 新能源汽车的高压标识都分布在其高压部件上，同时高压回路部分的电线和接头都采用橙色以方便辨别。</p>
	
	<p>(3) 具体认识新能源汽车上各高压标识。 ①查看高压控制盒上的高压电警告标识。</p>
	
	<p>②查看动力电池组上的高压电警告标识。上面图片左边文字部分从上到下显示：危险→内部高压→非专业人员不得开启电池包；右边图片含义从左至右、从上至下依次是：注意安全→止步，高压危险（右上）→当心触电→禁止触碰→使用绝缘工具；下面图片含义从左至右依次是：止步，高压危险→查阅资料→注意安全。</p>
	

实训活动	操作内容
<p>(三) 高压标识整体认知</p>	<p>③查看驱动电机上的高压电警告标识。</p> 
	<p>④查看驱动电机控制器上的高压电警告标识。</p> 
	<p>⑤查看车载充电机上的高压电警告标识。</p> 

续表

实训活动	操作内容
(三) 高压标识整体认知	<p>⑥查看 DC/DC 电源转换器（将直流电调节成符合系统运行所要求的直流电的电气装置，后文也称 DC/DC 转移器）上的高压电警告标识。</p> 
(四) 现场恢复	复原车辆，整理工具，清洁实训场地。

三、实训收获

考核 评价

考核评价分为学生自评、小组互评、教师评价及综合评价。各小组代表汇报展示实训工作成果，介绍任务完成过程，将评价结果填入下方。

班级		组别		组长		日期	
实训任务		认识新能源汽车高压电					
学生自评							
评价项目	评价标准					分值	得分
获取信息	积极查询资料，掌握相关知识					10	



续表

评价项目	评价标准	分值	得分
进行决策	积极思考，制订合理、可行的工作方案	10	
任务实施	根据任务实施内容进行实训，达到预期学习目标	60	
工作态度	态度端正，认真严谨，积极主动	5	
工作质量	能严格按照工作方案操作，按计划完成任务	5	
协调能力	能与小组成员、其他同学进行合作交流、协调完成工作	5	
职业素养	安全生产，团结协作，爱护公共设施，保护环境	5	
合计		100	

小组互评

评价项目	分值	评价对象(组别)							
		1	2	3	4	5	6	7	8
方案合理	20								
团队合作	10								
组织有序	10								
工作质量	20								
工作效率	10								
工作完整性	10								
工作规范性	10								
汇报展示	10								
合计	100								

教师评价

评价项目	评价标准	分值	评价对象(组别)							
			1	2	3	4	5	6	7	8
考勤 (5%)	没有无故迟到、早退、旷课现象	5								
工作过程 (80%)	获取信息 积极查询资料，掌握相关知识	5								
	进行决策 积极思考，制订合理、可行的工作方案	5								

续表

评价项目	评价标准		分值	评价对象 (组别)									
				1	2	3	4	5	6	7	8		
工作过程 (80%)	任务实施	根据任务实施内容进行实训, 达到预期学习目标	50										
	工作态度	态度端正, 认真严谨, 积极主动	5										
	工作质量	能严格按照工作方案操作, 按计划完成任务	5										
	协调能力	能与小组成员、其他同学进行合作交流、协调完成工作	5										
	职业素养	安全生产, 团结协作, 爱护公共设施, 保护环境	5										
项目成果 (15%)	工作完整性	能按时完成工作任务的所有环节	5										
	工作规范性	能在整个操作过程中规范操作, 避免意外事故发生	5										
	汇报展示	能准确表达, 汇报工作成果	5										
合计			100										
综合评价													
自评 (20%)		小组互评 (30%)		教师评价 (50%)				综合得分					
综合评语													
课后反思		例如: 学习过程中遇到什么问题→如何解决的 / 解决不了的原因→心得体会											



任务 练习

一、判断题

1. 新能源汽车通常使用红色警示色标记出所有高压导线。 ()
2. 新能源汽车的高电压组件壳体上都会标识一个安全警示符号，售后服务人员或每位车主均可通过标记直观看出高压可能带来的危险。 ()
3. 因为新能源汽车运行温度的上限很低，所以新能源汽车中的锂离子电池需进行冷却。 ()
4. 工位上有高电压车辆进行维修时，要求在工位周围必须布置明显的警示标识，避免他人未经允许进入高电压工位而发生危险。 ()
5. 动力电池由许多电池模组构成，动力电池为纯电动汽车主要动力源，为汽车所有部件提供能量。 ()

二、选择题

1. 新能源汽车的高电压组件壳体上都会标识安全警示符号，高压警示标识底色采用 ()。
【单选】
A. 黄色或红色 B. 黄色或白色 C. 红色或白色 D. 白色或黑色
2. 锂离子电池的运行温度约为 ()，超过该温度时会导致使用寿命缩短。【单选】
A. 40 °C B. 50 °C C. 80 °C D. 90 °C
3. 新能源汽车的高压标识都分布在其高压部件上，同时高压回路部分的电线和接头都采用 () 以方便辨别。【单选】
A. 黄色 B. 白色 C. 红色 D. 橙色
4. 新能源汽车中通常 () 等几段高压线束使用橙色。【多选】
A. 动力电池高压电缆 B. 电机控制器电缆 C. 快充线束 D. 仪表线束