

新能源汽车故障诊断与排除

主 编 路 畅 樊玖林 崔人志

副主编 郭 端 孙 庆

参 编 张春雨 龙永杰

西南交通大学出版社

· 成 都 ·

内容简介

本教材以职业能力为主线，以职业活动为主体，符合课程标准的要求，采用项目驱动、任务导向的教学方法，融教、学、做为一体，反映了新能源汽车技术发展和教学改革的最新成果。主要内容分为：新能源汽车故障诊断技术基础，新能源汽车低压系统故障诊断与排除，新能源汽车充电系统故障诊断与排除，新能源汽车高压系统故障诊断与排除，新能源汽车控制系统故障诊断与排除，新能源汽车空调系统故障诊断与排除。

本教材注重职业道德、综合素质、创新能力、实践能力的培养，理论与实际相融合，适应岗位职业需求，能提升学生的综合职业素质，有助于培养学生的动手能力，使学生具备比较宽泛的岗位职业能力、学习能力和创新能力。

前 言 PREFACE

发展新能源汽车是我国从汽车大国迈向汽车强国的必由之路，是应对气候变化、推动绿色发展的战略举措。2012年以来，我国坚持纯电驱动战略取向，新能源汽车产业发展取得了巨大成就，成为世界汽车产业发展转型的重要力量之一。

本书以纯电动汽车实际工作任务为基础，全面系统地介绍了新能源汽车故障诊断与检测的基础知识，共包括六个项目。项目一介绍了新能源汽车故障检测仪器设备使用规范、新能源汽车高压部件认知及新能源汽车维修高压安全防护等基本知识；项目二介绍了新能源汽车低压蓄电池、DC/DC、低压电池电路故障诊断与排除等知识；项目三介绍了新能源汽车高压充电系统结构特点、充电系统常见故障诊断与排除等知识；项目四介绍了新能源汽车动力电池、驱动电机、高压互锁等高压系统常见故障诊断与排除知识；项目五介绍了新能源汽车动力电池管理系统、驱动电机控制系统、整车控制系统等常见故障诊断与排除知识；项目六介绍了新能源汽车空调系统的组成、特点及常见故障诊断与排除等知识。

本书配有微课，以二维码形式置放于对应任务的知识储备处。本书结合编者多年教学经验，以学生为主体、以行动为导向、以任务为引领，配有任务工单，能够满足职业院校新能源汽车技术专业人才培养的教学要求及培养新能源汽车维修专业人才需求。

本书由路畅、樊玖林、崔人志担任主编，郭端、孙庆担任副主编。编者在编写过程中查阅了大量的资料并加以引用，在此对资料的原作者表示深深的感谢。由于编者的水平有限，书中难免有疏漏和不足之处，恳请广大读者批评指正。

编 者

2021年10月

目 录 CONTENTS

项目一 新能源汽车故障诊断技术基础	1
任务一 仪器仪表使用规范	1
任务二 新能源汽车高压系统检修基础	17
任务三 电气事故急救措施	24
项目二 新能源汽车低压系统故障诊断与排除	29
任务一 电动汽车低压蓄电池功能及故障分析	29
任务二 DC/DC 故障诊断与分析	34
项目三 新能源汽车充电系统故障	45
任务一 交流充电系统故障	45
任务二 直流充电系统故障	57
任务三 充电口检修	66
项目四 新能源汽车高压系统故障	85
任务一 动力电池故障	85
任务二 驱动电机故障	103
任务三 高压互锁故障	115
项目五 新能源汽车控制系统故障	138
任务一 动力电池管理系统故障	138
任务二 电机控制系统故障	147
任务三 整车控制系统故障	155

项目六 新能源汽车空调系统故障	171
任务一 纯电动汽车空调系统认知	171
任务二 纯电动汽车空调系统检查及零部件检测	177
任务三 纯电动汽车空调系统典型故障诊断	181
参考文献	202

项目一 新能源汽车故障诊断技术基础

任务一 仪器仪表使用规范



任务描述

一辆比亚迪 E5 电动汽车出现故障，需要你去诊断找出故障。作为维修技师，你会使用诊断故障的各种仪器仪表吗？



学习目标

1. 掌握数字万用表的基本组成；
2. 掌握绝缘测试仪的正确使用方法；
3. 能正确描述万用表的使用注意事项；
4. 能够使用数字万用表测量电压、电阻等；
5. 能够使用绝缘测试仪对新能源车辆进行绝缘性能检测。

学习活动一 数字万用表的使用规范

在对新能源汽车进行故障诊断时通常会使用一些仪器仪表，因此掌握仪器仪表的使用规范是进行新能源汽车故障诊断的前提条件之一。

引导问题一 数字万用表该怎么正确使用呢？

数字万用表灵敏度高，准确度高，显示清晰，过载能力强，便于携带，使用更简单。数字万用表使用注意事项如下：

(1) 使用前先检查外壳，看是否存在裂纹或塑胶件缺损。请仔细检查端子附近的绝缘体，若损坏，请勿使用。

(2) 工作异常，请勿使用。

(3) 遵守当地和国家的安全规范。

(4) 穿戴个人防护用品（经认可的橡胶手套、面具和阻燃衣物等），以防危险带电导体外露时遭受电击和电弧而受伤。

(5) 使用正确的测量标准类别 (CAT)、电压和电流额定探头、测试导线和适配器进行测量。

(6) 切勿在未安装探头保护帽的情况下在 CAT III 环境中使用测试探头。保护帽可以将外露的探头金属部分降低至 4 mm 以下,这样就减少了因短路产生弧闪的可能性。

(7) 先测量一个已知电压,确定产品是否正常运行。

(8) 请按照指定的测量类别、电压或电流额定值进行操作。

(9) 端子间或每个端子与接地点之间施加的电压不能超过额定值。

(10) 禁止触摸电压超过 30 V 真有效值交流电、42 V 峰值交流电或 60 V 直流电的带电导体。

(11) 请勿使用已损坏的测试导线。检查测试导线是否绝缘不良,并测量已知的电压。

(12) 测量时,请先连接零线或地线,再连接火线;断开时,请先切断火线,再断开零线和地线。

(13) 请将手指握在探针护指装置的后面。

(14) 打开电池盖之前,首先断开所有探头、测试线和附件。

(15) 请勿超出万用表、探针或附件中额定值最低的单个元件的测量类别 (CAT) 额定值。










(16) 如果长时间不使用万用表或将其存放在高于 50 °C 的环境中,请取出电池。否则,电池漏液可能损坏万用表。

(17) 当显示电池电量不足时请更换电池,以防测量不正确。

(18) 测量时,必须使用正确的端子、功能挡和量程挡。

(19) 切换到 LED TEST (LED 测试) 功能之前,请从危险电压上断开所有测试导线。有关正确的测量技巧和结果解释见表 1-1。

表 1-1 相关的测量技巧和结果解释

	AC (交流电)		接地
	DC (直流电)		保险丝
	二极管		电容
	危险电压,有触电危险		电池
	危险。重要信息。具体内容请参阅手册。	CAT II	II 类测量适用于测试和测量与低电压电源装置的用电点(插座和相似点)直接连接的电路。
CAT III	III 类测量适用于测试和测量与建筑物低电压电源装置的配电部分相连接的电路	CAT IV	IV 类测量适用于测试和测量与建筑物低电压电源装置的电源相连接的电路

引导问题二 你知道数字万用表常见功能有哪些吗？

数字万用表外形如图 1-1 所示，其常见功能如下：

- (1) 频率和温度测量；
- (2) 电压、电阻、电流、电容测量；
- (3) 输入终端的交流 and 直流电流测量；
- (4) 二极管测试，数据保持。



图 1-1 数字万用表

数字万用表的电压量程如表 1-2 所示。

表 1-2 数字万用表的电压量程

挡位	功 能	量 程	分 辨 力	准 确 度
\tilde{V}	交流伏特 (40~500 Hz)	4.000 V	0.001 V	1.0 % + 3
		40.00 V	0.01 V	
		400.0 V	0.1 V	
		1000 V	1 V	
\tilde{mV}	交流毫伏	400.0 mV	0.1 mV	3.0 % + 3
\overline{mV}	直流电压 (毫伏)	400.0 mV	0.1 mV	1.0 % + 10
\overline{V}	直流电压	4.000 V	0.001 V	0.5 % + 3
		40.00 V	0.01 V	
		400.0 V	0.1 V	
		1000 V	1 V	

注：准确度为[读数%]+[最小有效位数]




数字万用表的交流和直流电流量程如表 1-3 所示。

表 1-3 数字万用表的电流量程

挡位	功 能	量 程	分 辨 力	准 确 度
$\tilde{\mu A}$	交流电流 μA (40~400 Hz)	400.0 μA	0.1 μA	1.5 % + 3
		4000 μA	1 μA	
\tilde{mA}	交流电流 mA (40~400 Hz)	40.00 mA	0.01 mA	1.5 % + 3
		400.0 mA	0.1 mA	
\tilde{A}	交流电流 A (40~400 Hz)	4.000 A	0.001 A	1.5 % + 3
		10.00 A	0.01 A	
$\overline{\mu A}$	直流电流 μA	400.0 μA	0.1 μA	1.5 % + 3
		4000 μA	1 μA	
\overline{mA}	直流电流 mA	40.00 mA	0.01 mA	1.5 % + 3
		400.0 mA	0.1 mA	
\overline{A}	直流电流 A	4.000 A	0.001 A	1.5 % + 3
		10.00 A	0.01 A	

数字万用表的其他量程如表 1-4 所示。

表 1-4 数字万用表的其他量程

挡位	功能	量程	分辨率	精度		
	二极管测试	2.000 V	0.001 V	10 %		
	温度	50.0~400.0 ℃	0.1 ℃	2 % +1 ℃		
		0~50.0 ℃		2 ℃		
		-55.0~0 ℃		9 % +2 ℃		
Ω	电阻 (欧姆)	400.0 Ω	0.1 Ω	0.5 % + 3		
		4.000 k Ω	0.001 k Ω	0.5 % + 2		
		40.00 k Ω	0.01 k Ω	0.5 % + 2		
		400.0 k Ω	0.1 k Ω	0.5 % + 2		
		4.000 M Ω	0.001 M Ω	0.5 % + 2		
		40.00 M Ω	0.01 M Ω	1.5 % + 3		
	电容	40.00 nF	0.01 nF	2 % + 5		
		400.0 nF	0.1 nF	2 % + 5		
		4.000 μ F	0.001 μ F	5 % + 5		
		40.00 μ F	0.01 μ F	5 % + 5		
		400.0 μ F	0.1 μ F	5 % + 5		
		1000 μ F	1 μ F	5 % + 5		
<table border="1" data-bbox="203 1238 312 1271"><tr><td>Hz</td><td>%</td></tr></table>	Hz	%	频率	50.00 Hz	0.01 Hz	0.1 % + 3
	Hz	%				
	500.0 Hz	0.1 Hz				
	5.000 k Hz	0.001 k Hz				
	50.00 k Hz	0.01 k Hz				
100.0 k Hz	0.1 k Hz					
<table border="1" data-bbox="203 1379 312 1412"><tr><td>Hz</td><td>%</td></tr></table>	Hz	%	占空比	1 %~99 %	0.1%	1 %
Hz	%					

数字万用表的 LED 测试和通断性阈值如表 1-5 所示。

表 1-5 数字万用表的 LED 测试和通断性阈值

功能	发光范围	测量范围	分辨力	准确度
LEDVF 测试 (LED 测试插孔)	1.00~6.00 V	不适用	不适用	不适用
LEDVF 测试 (测试导线)	1.00~6.00 V	1.00~6.00 V	0.01 V	10 %
通断性阈值	不适用	不适用	不适用	70 Ω

数字万用表的输入特性如表 1-6 所示。

表 1-6 数字万用表的输入特性

功能	过载保护	输入阻抗 (标称值)	共模抑制比	常规模式抑制比
交流电压	1000 V	>10 MΩ, <100 pF	>60dB (直流), 50 Hz 或 60 Hz	—
交流毫伏	400 mV	>1 MΩ, <100 pF	>80dB (直流), 50 Hz 或 60 Hz	—
直流电压	1000 V	>1 MΩ, <100 pF	>100d (直流), 50 Hz 或 60 Hz	>60dB 50 Hz 或 60 Hz
直流电压 (毫伏)	400 mV	>1 MΩ, <100 pF	>80dB (直流), 50 Hz 或 60 Hz	—

引导问题三 你知道数字万用表常用功能使用及规范吗？

1. 测量交流电压和直流电压

测量交流电和直流电电压的步骤如下：

(1) 将旋转开关转至 \tilde{V} 、 \bar{V} 或 \tilde{mV} 选择交流电或直流电。

(2) 按数字万用表左上角黄色按钮可以在 mVac 和 mVdc 电压测量之间进行切换。

(3) 将红色测试导线连接至 $v \Omega \nabla$ 端子，黑色测试导线连接至 COM 端子。

(4) 用探头接触电路上的正确测试点以测量其电压，如图 1-2 中所示。

(5) 读取显示屏上测出的电压。



万用表的使用

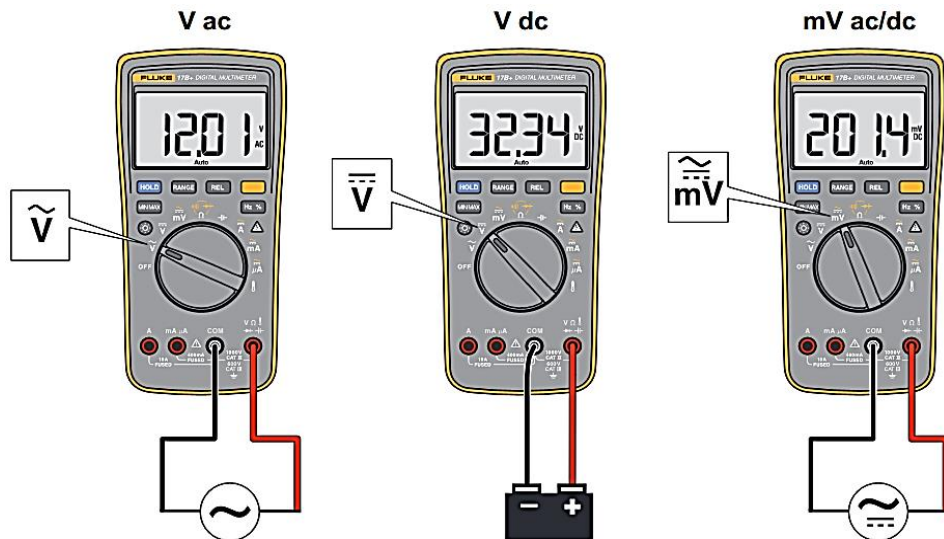


图 1-2 测量交流和直流电压

2. 测量交流电流或直流电流

为了防止可能发生的电击、火灾或人身伤害，测量电流时，应先断开电路电源，然后再将电表串联连接到电路中。

测量交流或直流电流步骤如下：

(1) 将旋转开关转至 $\overline{\sim}$ 或 $\overline{\text{A}}$ 。

(2) 按数字万用表右上角的黄色按钮可以在交流和直流电流测量之间进行切换。

(3) 根据要测量的电流将红色测试导线连接至 A、mA 或 μA 端子，并将黑色测试导线连接至 COM 端子，如图 1-3 所示。

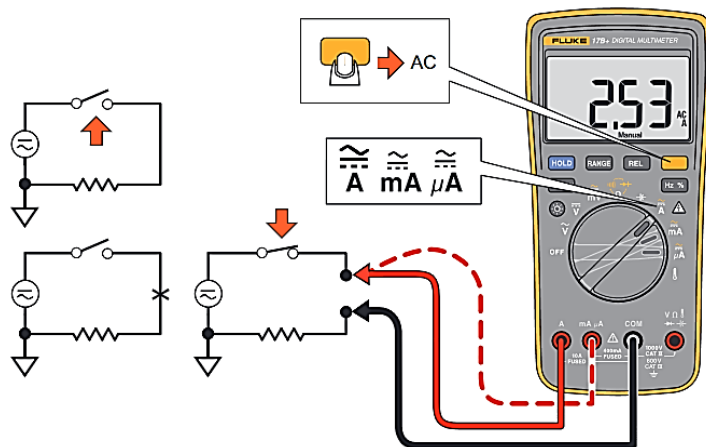


图 1-3 测量交流和直流电流

(4) 断开待测的电路路径，然后将测试导线衔接断口并施用电源。

(5) 读取显示屏上的测出电流。

3. 测量电阻

测量电阻的步骤如下：

(1) 确保已切断待测电路的电源。

(2) 将旋转开关转至 Ω 。

(3) 将红色测试导线连接至 $\overline{\Omega}$ 端子，将黑色测试导线连接至 COM 端子，如图 1-4 所示。

(4) 将探针接触想要的电路测试点，测量电阻。

(5) 读取显示屏上的测出电阻。

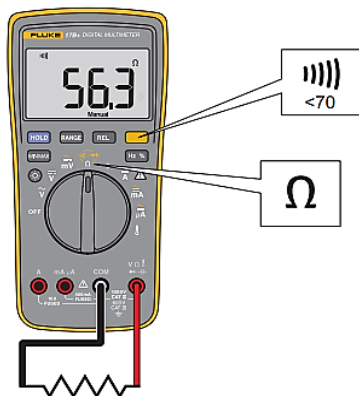



图 1-4 测量电阻/通断性

4. 测试通断性


测试通断性的步骤如下：选择电阻模式后，按一次数字万用表右上角的黄色按钮以激活通断性蜂鸣器。如果电阻低于 $70\ \Omega$ ，蜂鸣器将持续响起，表明出现短路，如图 1-4 所示。

5. 测试二极管

测试二极管的步骤如下：

(1) 将旋转开关转至 。

(2) 按两次数字万用表右上角的黄色按钮以激活二极管测试。

(3) 将红色测试导线连接至  端子，黑色测试导线连接至 COM 端子。

(4) 将红色探针接到待测的二极管的阳极，黑色探针接到阴极。


(5) 读取显示屏上的正向偏压。


(6) 如果测试导线极性与二极管极性相反，显示读数为 **OL**，可以据此区分二极管的阳极和阴极。

警告：为避免对产品或被测试设备造成损坏，请在测试二极管之前断开电路的电源并将所有的高压电容器放电。

6. 测量电容

测试电容的步骤如下：

(1) 将旋转开关转至 。

(2) 将红色测试导线连接至  端子，黑色测试导线连接至 COM 端子。


(3) 将探针接触电容器引脚。



(4) 读数稳定后（最多 18 s 后），读取显示屏所显示的电容值。

警告：为避免对产品造成损坏，请在测量电容之前断开电路的电源并将所有的高压电容器放电。

7. 测量温度

测量温度的步骤如下：


(1) 将旋转开关转至 。


(2) 将热电偶插入数字万用表的  和 COM 端子中。确保将热电偶标记有“+”的插头插入数字万用表的  端子中。

(3) 读取显示屏上的电压。

(4) 按右上角的按钮可以在 $^{\circ}\text{C}$ 和 $^{\circ}\text{F}$ 之间切换。

8. 测量频率和占空比

数字万用表在测量电压或电流的同时还可以测量频率或占空比。按 ，可将万用表更改为测量频率或占空比。具体步骤如下：

(1) 当数字万用表处于交流电压或交流电流测量情况下时，按 。

(2) 读取显示屏上的信号频率。

(3) 如要进行占空比测量，则再按一次 **Hz %**。

(4) 读取显示屏上的占空比百分数。

引导问题四 你会使用数字万用表检测汽车保险的好坏吗？

1. 任务要求

正确使用数字万用表检测 BMS 常用熔断器的好坏。

2. 实施步骤

(1) 准备工作：

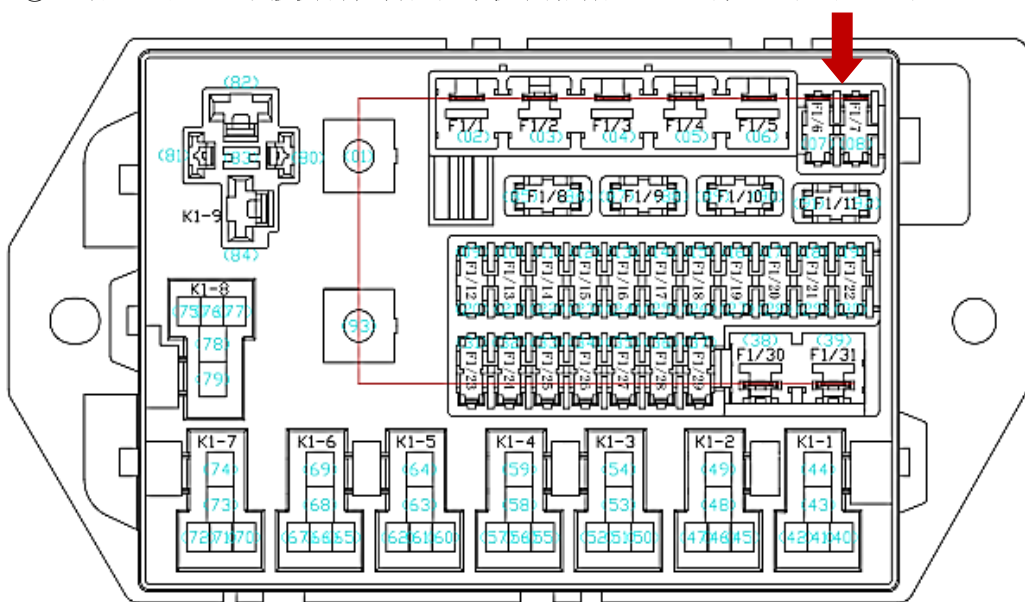
工具设备：手持式数字万用表；

台架车辆：比亚迪 E5；

辅助资料：连接导线、教材、实训工作页。

(2) 操作步骤：

① 查看比亚迪 E5 维修资料，确认汽车仪表熔断器 F1/7 的位置（见图 1-5）。



编号	F1/1	F1/2	F1/3	F1/4	F1/5	F1/6	F1/7	F1/8	F1/9	F1/10	F1/11
规格	40 A	40 A	40 A	20 A	40 A	10 A	10 A	10 A	15 A	15 A	20 A
说明	鼓风机	后除霜	前大灯	预留	电动 真空泵	充电 电总成	BMS	备用	备用	备用	备用
编号	F1/12	F1/13	F1/14	F1/15	F1/16	F1/17	F1/18	F1/19	F1/20	F1/21	F1/22
规格	15 A	15 A	15 A	15 A	—	—	10 A	10 A	10 A	10 A	—
说明	右远 光灯	左远 光灯	右近 光灯	左近 光灯	预留	预留	电控	模块 IG3	模块 IG4	电池冷 却水泵	预留
编号	F1/23	F1/24	F1/25	F1/26	F1/27	F1/28	F1/29	F1/30	F1/31		
规格	15 A	15 A	15 A	15 A	10 A	30 A	15 A	25 A	40 A		

说明	IG3	IG4	空调水泵	喇叭	报警器	雨刮	前洗涤	ABS/ESP	ABS/ESP		
----	-----	-----	------	----	-----	----	-----	---------	---------	--	--

图 1-5 比亚迪 E5 熔断器示意图

- ② 断开低压蓄电池负极，用保险丝夹取下熔断器 F1/7。
- ③ 将万用表打到“ Ω ”挡位，短接万用表红黑表笔，对万用表进行校正。若阻值小于 $1\ \Omega$ ，则表明万用表正常。
- ④ 将万用表打到“ Ω ”挡位，连接熔断器的两个针脚，如图 1-7 所示。

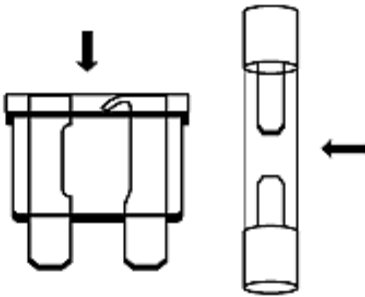


图 1-6 明显熔断的熔断器

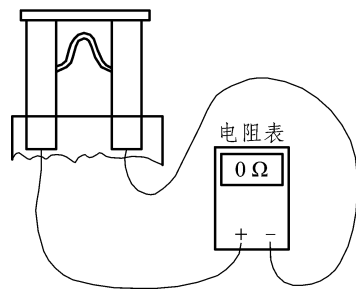


图 1-7 用万用表测量熔断器

- ⑤ 如果熔断器正常，则万用表的读数应为 $0\sim 1\ \Omega$ ；如果熔断器熔断，则万用表的读数为无穷大。如图 1-8 所示。



图 1-8 测量熔断器电阻

学习活动二 绝缘测试仪的使用规范

绝缘测试仪，通常被称为兆欧表或高阻计（Meggers），广泛用于测量发电机、马达、电源变压器、配线、电器和其他电气装置（如控制、信号、通信和电源的电缆）的绝缘电阻。绝缘测试对于保护并延长电气系统和电机的使用寿命也具有重要意义。

引导问题一 绝缘测试仪使用注意事项

绝缘电阻测试，就是测量导体与绝缘层间的阻值，所采用的测量仪器称为绝缘电阻测试仪。

绝缘测试仪使用中的注意事项如下：

- (1) 如果测试仪或测试导线已经损坏，或者测试仪无法正常操作，则请勿使用。
- (2) 在将测试仪与被测电路连接之前，始终记住选用正确的端子、开关位置和量程挡。
- (3) 可以采用测试仪测量已知电压来验证测试仪操作是否正常。
- (4) 端子之间或任何一个端子与接地点之间施加的电压不能超过测试仪上标明的额定值。
- (5) 电压在交流 30 V RMS（真有效值）、交流 42 V（峰值）或直流 60 V 以上时应格外小心，这些电压有造成触电的危险。

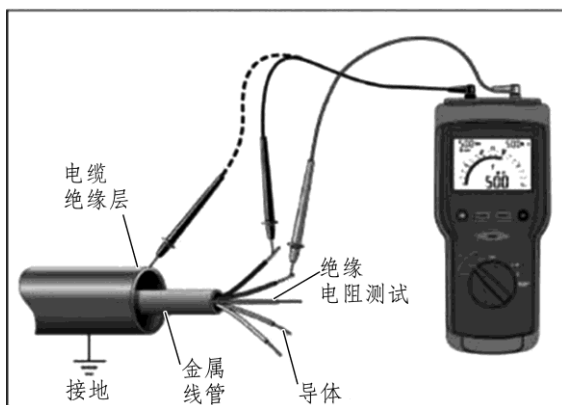


图 1-9 绝缘测试仪测试原理

- (6) 出现电池低电量指示符时，应尽快更换电池。
- (7) 测试电阻、连通性、二极管或电容以前，必须先切断电源，并将所有的高压电容器放电。
- (8) 切勿在爆炸性的气体或蒸汽附近使用测试仪。
- (9) 使用测试导线时，手指应保持在保护装置的后面。
- (10) 打开测试仪的机壳或电池盖以前，必须先把测试导线从测试仪上取下。不能在测试仪后盖或电池盖打开的情况下使用测试仪。
- (11) 在危险的处所工作时，必须遵循当地及国家的安全要求。
- (12) 在危险的区域工作时，应依照当地或国家主管当局的要求，使用适当的保护设备。不要单独工作。
- (13) 仅使用指定的替换保险丝来更换熔断的保险丝，否则测试仪的保护措施可能会遭到破坏。
- (14) 使用前先检查测试导线的连通性。如果读数高或有噪声，则不要使用。

引导问题二 你知道绝缘测试仪上按钮及指示灯、旋转开关代表什么意思吗？

1. 按钮和指示灯

绝缘测试仪可使用按钮来激活可扩充旋转开关所选功能的特性。测试仪的前侧还有两个指示灯，当使用此功能时，它们会点亮。绝缘测试仪如图 1-10 所示。






图 1-10 绝缘测试仪

绝缘测试仪的按钮及指示灯的含义如表 1-7 所示。

表 1-7 绝缘测试仪按钮和指示灯的含义

按钮/指示灯	说 明
	按蓝色按钮来选择其他测量功能挡
	保存上一次绝缘电阻或接地耦合电阻测量结果
	第二功能，检索保存在内存中的测量值
	给绝缘测试设定通过/失败极限
	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 T 测试按钮开始测试
	测试锁定。如果在按测试按钮之前按下此按钮，则在您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
	第二功能，清除所有内存内容
	打开或关闭背光灯。背光灯在 2 min 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

	<p>危险电压警告。表示在输入端检测到 30 V 或更高电压（交流或直流取决于旋转开关的位置）。当在  V 开关位置上且显示屏中显示 0L 或 batt 时，也会出现该指示符。当绝缘测试正在进行时， 符号也会出现</p>
---	--

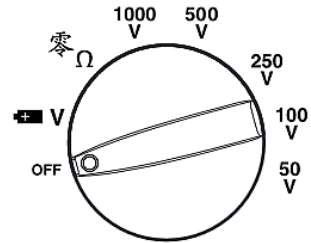


图 1-11 旋转开关


	<p>通过指示灯。指示绝缘电阻测量值大于所选的比较限值</p>
---	---------------------------------

2. 旋转开关位置解读

在使用绝缘测试仪时，选择任意测量功能挡即可启动测试仪。测试仪为该功能挡提供了一个标准显示屏（量程、测量单位、组合键等）。用蓝色按钮选择其他任何旋转开关功能挡（用蓝色字母标记）。旋转开关的选择如图 1-11 所示。

旋转开关的选择如表 1-8 所示。

表 1-8 旋转开关的选择

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

3. 屏幕显示解读



绝缘测试仪屏幕显示如图 1-12 所示。








图 1-12 绝缘测试仪屏幕显示

绝缘测试仪显示屏指示符的具体功能解读如表 1-9 所示。

表 1-9 显示屏指示符说明

指示符	说 明
锁定 	表示绝缘测试或电阻测试被锁定
- >	负号或大于符号
	危险电压警告

续表

指示符	说 明
	电池低电量指示，出现此符号时表示应更换电池。当显示  符号时，背光灯按钮被禁用以延长电池寿命
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, kΩ, MΩ, GΩ	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，该符号显示
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
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 
>	表示测量值超出量程范围。
CAL Err	此指示符表示校准数据无效，请校准测试仪

4. 输入端子

输入端子如图 1-13 所示，具体含义说明见表 1-10。

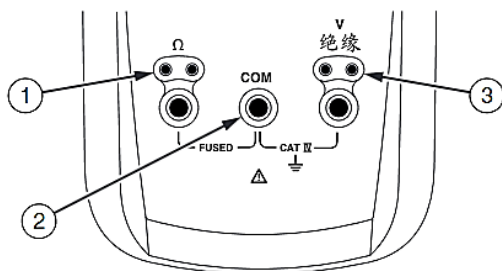


图 1-13 输入端子

表 1-10 输入端子说明

项目	说 明
①	用于电阻测量的输入端子
②	所有测量的公共（返回）端子
③	用于电压或绝缘测试的输入端子

引导问题三 绝缘测试仪常用功能使用及规范

1. 开机通电选项

测试仪开机时，同时按住一个按键将激活开机通电选项。开机通电选项可让您能够使用测试仪的附加特点和功能。要选择开机通电选项，在将测试仪从 OFF（关闭）位置转至任何开关位置时，同时按住所指示的适当按钮。当将测试仪转至 OFF（关闭）时，开机通电选项被取消。开机通电选项如表 1-11 所述。

表 1-11 开机通电选项

按钮	说 明
	<ul style="list-style-type: none"> ■ V 开关位置打开所有 LCD 条形段； 零 Ω 开关位置显示软件的版本号； 1000 V 开关位置显示测试仪型号。
	启动 Calibration（校准）模式。当释放按钮时，测试仪显示 CAL 并进入 Calibration（校准）模式

2. 测量操作

在将测试导线与电路或设备连接时，应在连接带电导线之前先连接公共（COM）测试导线；当拆下测试导线时，要先断开带电的测试导线，再断开公共测试导线。

3. 测量电压

用绝缘测试仪测量电压时，挡位开关调至电压检测挡，红表笔连接绝缘检测插孔，黑表笔连接 COM 插孔，如图 1-14 所示。



绝缘测试仪的使用

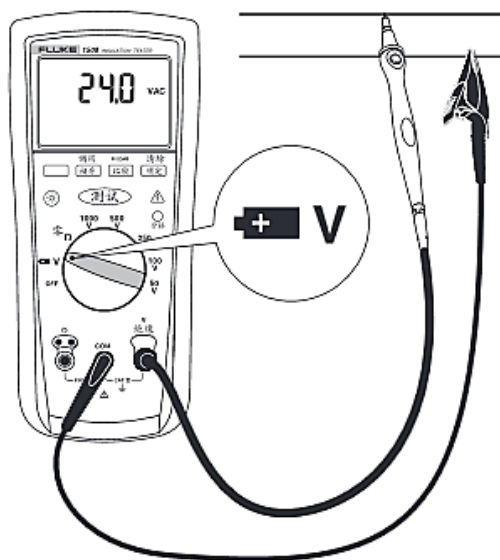


图 1-14 测量电压

4. 测量接地耦合电阻

测量接地耦合电阻时，绝缘测试仪的挡位开关和测试线连接如图 1-15 所示。

(1) 将测试探头插入 Ω 和 COM（公共）输入端子。

(2) 将旋转开关转至零 Ω 挡位置。

(3) 将探头的端部短接并按住蓝色按钮，直到显示屏出现短划线符号。测试仪测量探头的电阻将保存在内存中，并将其从读数中减去。当测试仪在关闭状态时，仍会保存探头的电阻读数。如果探头电阻大于 $2\ \Omega$ ，则不会被保存。

(4) 将探头与待测电路连接，测试仪会自动检测电路是否通电。

- 主显示位置显示——直到您按测试按钮，此时将获得一个有效的电阻读数。

- 如果电路中的电压超过 $2\ \text{V}$ （交流或直流），在主显示位置显示电压超过 $2\ \text{V}$ 警告的同时，还会显示高压符号。在这种情况下，测试将被禁止。在继续操作之前，应先断开测试仪的连接并关闭电源。

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

(5) 按住测试按钮 **测试** 开始测试。显示屏的下端位置将出现 **测试** 图标，直到释放测试按钮 **测试**。主显示位置显示电阻读数，直到开始新的测试或者选择了不同功能或量程。当电阻超过最大显示量程时，测试仪显示“>”符号以及当前量程的最大电阻。

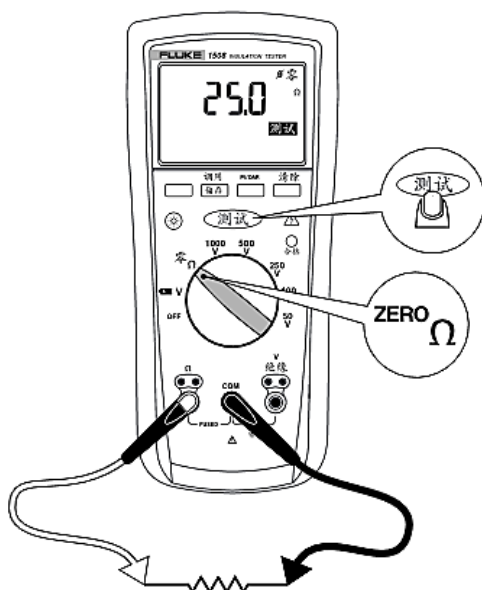


图 1-15 测量接地耦合电阻

5. 测量绝缘电阻

绝缘测试只能在不通电的电路上进行。要测量绝缘电阻，请按照图 1-16 所示设定测试仪并按下列步骤操作：

- (1) 将测试探头插入 V 和 COM（公共）输入端子。
- (2) 将旋转开关转至所需要的测试电压。
- (3) 将探头与待测电路连接。测试仪会自动检测电路是否通电。

- 此时将在主显示位置显示一个有效的绝缘电阻读数，直到按下按钮 **测试**。

- 如果电路中的电压超过 30 V（交流或直流）以上，在主显示位置显示电压超过 30 V 警告的同时，还会显示高压符号。在这种情况下，测试被禁止。在继续操作之前，先断开测试仪的连接并关闭电源。

- (4) 按住测试按钮开始测试。此时辅显示位置上将显示被测电路上所施加的测试电压。主显示位置上显示高压符号并以 $M\Omega$ 或 $G\Omega$ 为单位显示电阻。显示屏的下端出现 **测试** 图标，直到释放测试按钮。当电阻超过最大显示量程时，测试仪显示“>”符号以及当前量程的最大电阻。

- (5) 继续将探头留在测试点上，然后释放测试按钮，被测电路即开始通过测试仪放电。此时主显示位置显示电阻读数，直到开始新的测试或者选择了不同功能或量程，或者检测到 30 V 以上的电压。

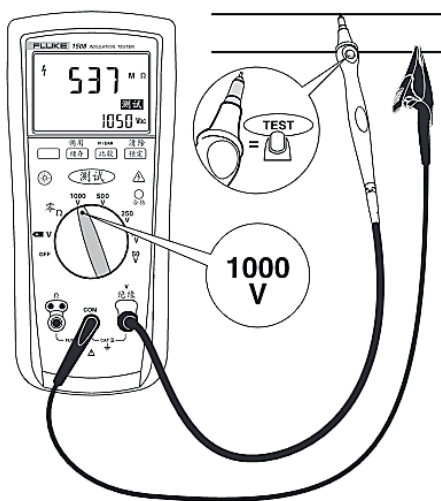


图 1-16 测量绝缘电阻

6. 使用储存功能

绝缘测试仪最多可以在测试仪上保存 19 个绝缘电阻或接地耦合电阻的测量值。测量值以“后存先出”的方式保存，如果保存了 19 个以上的测量值，则最先保存的将被删除，以给最新测量值留出空间。

保存测量值：按 **调用** **储存** 按钮保存最新读取的测量值。

调用测量值：按蓝色按钮，然后按 **调用** **储存** 按钮调用上一次保存的测量值。测量值将显示在主显示位置，被保存数据的序号将显示在辅显示位置。再按一次蓝色按钮和 **调用** **储存** 按钮，可调用上一个保存的结果。您可以重复本步骤直到显示的已储存数据计数为 1。下一个显示的测量值将是最新测量值。按 **调用** **储存** 按钮退出调用显示。

清除内存：按蓝色按钮，然后按 **清除** **锁定** 按钮。主显示位置将显示 **CL?**。按蓝色按钮，然后再按一次 **清除** **锁定** 按钮，将清除所有内存位置。

任务二 新能源汽车高压系统检修基础



任务描述

一辆 2019 款比亚迪 E5 仪表盘高压系统故障报警灯点亮，车辆不能行驶。你作为一名维修技师要对此车进行维修，请按照正确的操作规程对车辆进行检查。



学习目标

- (1) 掌握新能源汽车高压系统的基本组成；

- (2) 掌握新能源汽车高压系统的安全检修方法；
- (3) 能够叙述新能源汽车高压部件的名称及高压防护用品的种类；
- (4) 能正确规范地检查和穿戴高压防护用具。
- (5) 能够进行新能源汽车高压系统元件及线束检修。

学习活动一 新能源汽车高压系统不带电检修

纯电动汽车与混合动力汽车都设计有高压电部件。纯电动汽车高压电部件主要分布在车辆底部和前舱，高压电部件主要包括电机控制器、高压配电箱、车载充电机、高压导线、充电插头、动力电池、驱动电机、充电插座、电动压缩机和 PTC 加热器等，如图 1-17 所示。

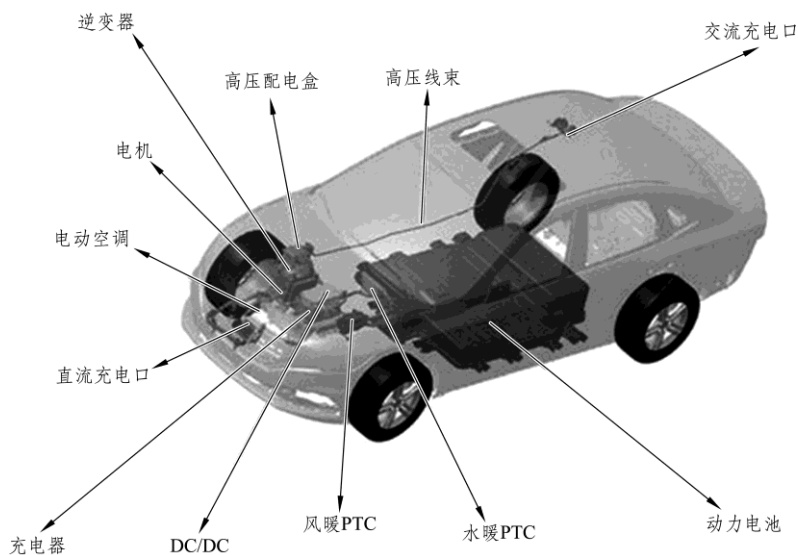


图 1-17 纯电动汽车高压系统

电动汽车具有高压系统，因此就会存在高压用电危险，考虑到驾驶人员和维修人员的安全，为防止触电事故的发生，生产厂家在设计生产电动汽车时采用了一些高压用电安全措施：①高压线束；②高压标记牌；③高压熔断器；④维修开关；⑤高压互锁；⑥漏电传感器。

新能源汽车 80%以上的部件直接或间接与高压存在关联，所以在作业过程当中，一定要注意做好个人防护、工位防护，正确、合理使用作业工具，避免引发安全事故。

引导问题一 你知道有哪些高压安全防护用品吗？

1. 绝缘手套

绝缘手套是用天然橡胶制成的，具有防电、防油、耐酸碱等功能，能起到对人的保护作用；主要在高压电气设备操作时使用，如动力电池高压回路放电、验电，高压部件的拆装。



高压防护用品检查



图 1-18 绝缘手套

2. 绝缘鞋

绝缘鞋是高压操作时使人与大地保持绝缘的防护用具，一般在较潮湿的场所使用。绝缘鞋应放在干燥、通风处，不能随意乱放，并且避免接触高温、尖锐物品和酸碱油类物质。

3. 绝缘帽

绝缘帽在电动汽车举升状态维护时使用。



图 1-19 绝缘鞋



图 1-20 绝缘帽

4. 绝缘服

绝缘服在拆除及安装高压部件使用。



图 1-21 绝缘服

5. 护目镜

护目镜主要用于防御电器拉弧产生的电火花对眼睛的损伤，检查和维护电动汽车时需要佩戴护目镜。



图 1-22 护目镜

6. 绝缘垫

绝缘垫是具有较大电阻率和耐电击穿的胶垫，可起到绝缘作用，主要在电动汽车维护时用于地面的铺设。

引导问题二 怎样切断新能源车辆的高压电？

为了确保安全，避免发生触电事故，纯电动汽车高压电路中必须有安全防护装置。纯电动汽车断电系统有两种，一种是紧急维修开关，另一种是主继电器。

纯电动汽车的动力电池高压线上都接有一个高压维修开关（也称作紧急维修开关或应急开关）。紧急维修开关电气部位布置一般有两种：一种是位于动力电池的正母线上，动力电池与紧急维修开关有一段距离；另一种就是比亚迪 E5 的维修开关，装在前排 2 个座椅中间的扶手箱下面，如图 1-23 所示。

拆装维修开关的具体步骤如下：

- (1) 车辆电源断电至 OFF 挡；

- (2) 断开低压蓄电池附件 3 min 后进行下一步操作；
- (3) 断开动力维修开关；

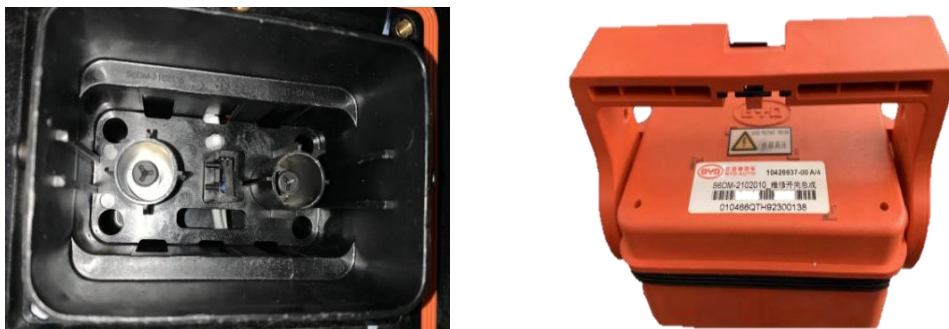


图 1-23 维修开关

- (4) 断开动力电池正、负极母线；
- (5) 对动力电池正、负极母线插接件及线束端插接件用绝缘胶带进行绝缘密封，防止短路及异物进入。

注意：进行（3）（4）（5）步操作时需穿戴绝缘胶鞋、绝缘手套并铺设绝缘胶垫（在非安全维修工位作时）。

引导问题三 如何检修动力电池以外的高压线路？

纯电动汽车的高电压组件壳体上都带有一个标记，售后服务人员或车主均可通过标记直观了解高电压可能带来的危险，所用警示牌都采用国际标准危险电压警示标志。如图 1-24 所示，高压警示标识采用黄色底色或红色底色，图形上布置有高压触电国家标准符号。

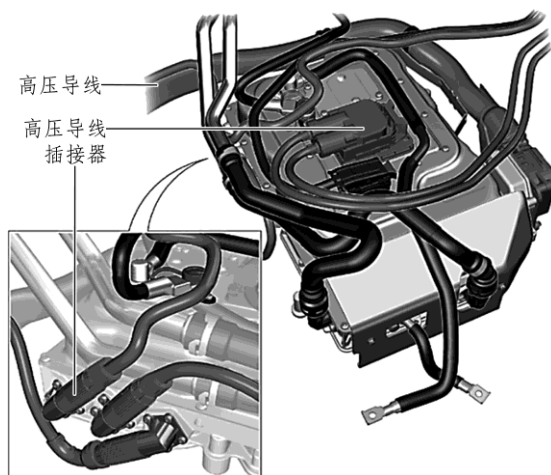


图 1-24 电动汽车高压线束

- (1) 完成车辆断电环节 3 min 后，按安全电压正常检测动力电池以外的高压线路及元器件；

(2) 拆卸高压插接件时，需要对高压插接件用绝缘胶带进行绝缘密封，以防止短路及异物进入。

引导问题四 如何给车辆上电？

完成高压元器件及线路检修后再给车辆上电。具体操作步骤如下：

- (1) 将高压线束插接件连接完好，监护人进行复查；
- (2) 将各低压线束插接件连接完好；
- (3) 装配低压蓄电池负极。

学习活动二 新能源汽车高压系统带电检修

引导问题一 当充电出现故障时，你会进行充电故障检修吗？

- (1) 操作人员按照规范穿戴好防护用品。
- (2) 将车身与保护地线相连。
- (3) 按照故障情况参照维修手册进行相应参数测量，在测量过程中必须遵守以下原则：
 - ① 使用万用表测量高压时，需注意选择正确量程，检测用万用表精度不低于 0.5 级，要求具有直/交流电压测量挡位，量程选择需要大于被测车型动力电池总电压 DC 挡位。充电设备交流输入检测需要选择交流量程大于 400 V AC，直流输出侧检测量程选择需要大于被测车型动力电池总电压 DC 挡位。

② 所使用的万用表等检测设备一根表笔线上配备绝缘鳄鱼夹（要求耐压为 3 kV，过电流能力大于 5 A），测量时先把鳄鱼夹夹到电路的一个端子，然后用另一只表笔接到需测量端子测量读数。每次测量时只能用一只手握住表笔。测量过程中，严禁双手操作及触摸表笔金属部分。

(4) 更换高压元器件及线束插接件时需对断开插接件进行绝缘密封防护，以防止短路及异物进入。

(5) 带电检修时，严禁负载带电工作时断开高压插接件，否则可能导致人员受到伤害及损伤车辆。

(6) 带电检修时，严禁电源在 ON 挡时断开低压插接件，否则可能导致车辆受损。

(7) 对于高压检测需要有工装的车型，无工装时严禁带电测量。

引导问题二 你会进行高压线路及元件检测吗？

- (1) 操作人员按照规范穿戴好防护用品。
- (2) 按照故障情况参照维修手册进行相应参数测量，在测量过程中必须遵守以下原则：
 - ① 使用万用表测量高压时，需注意选择正确量程，检测用万用表精度不低于 0.5 级，要求具有直流电压测量挡位，量程选择需要大于被测车型动力电池总电压 DC 挡位；

② 所使用的万用表等检测设备一根表笔线上配备绝缘鳄鱼夹（要求耐压为 3 kV，过电流能力大于 5 A），测量时先把鳄鱼夹夹到电路的一个端子，然后用另一只表笔接到需测量端子测量读数。每次测量时只能用一只手握住表笔。测量过程中，严禁双手操作及触摸表笔金属部分。

（3）更换高压元器件及线束插接件时，需对断开插接件进行绝缘密封防护，防止短路及异物进入。

（4）带电检修时，严禁负载带电工作时断开高压插接件，否则可能导致人员受到伤害及损伤车辆。

（5）带电检修时，严禁电源在 ON 挡时断低压插接件，否则可能导致车辆受损。

（6）对于高压检测需要有工装的车型，无工装时严禁带电测量。

引导问题三 你知道动力电池怎么检修吗？

（1）操作人员按照规范穿戴好防护用品。

（2）断开动力电池高压母线正、负极插接件，并对线束端做绝缘密封防护，拆卸动力电池时必须同时将动力电池正、负极母线接线柱做绝缘密封。

（3）动力电池出现漏液、变形、进水、破损时，需要将动力电池拆下放置到安全地点，安全地点周围不能有可燃物，并且必须配有干粉灭火器及消防沙。

（4）动力电池抬上、抬下必须采用称重等级高于动力电池总重 1.5 倍的叉车，摆放位置不能歪斜，确保操作安全。

（5）动力电池漏电测量。

① 工具：万用表（能精确到小数点后 4 位）；100 kΩ 以上电阻。

② 检测步骤：

步骤一，使用万用表测量电池包高压 $V_{正}$ 对壳体电压，如图 1-25 所示。



图 1-25 测量电池包高压 $V_{正}$ 对壳体电压

步骤二，使用万用表测量电池包高压 $V_{负}$ 对壳体电压。



图 1-26 测量电池包高压 $V_{\text{负}}$ 对壳体电压

步骤三，比较 $V_{\text{正}}$ 和 $V_{\text{负}}$ ，选择电压大的进行下一步。（例如 $V_{\text{正}} > V_{\text{负}}$ ）

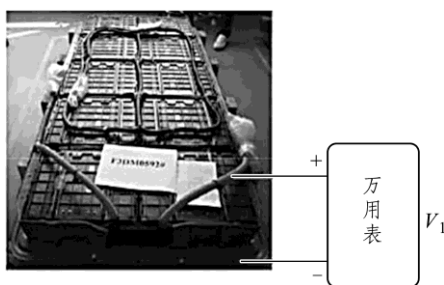


图 1-27 选择 $V_{\text{正}}$ 和 $V_{\text{负}}$ 中较大的值重测并记为 V_1

步骤四，在万用表正、负表笔之间并联电阻 R （ $100 \text{ k}\Omega$ 以上电阻，推荐 $1 \text{ M}\Omega$ ）重测 V_1 ，测得结果记录为 V_2 ，如图 1-28 所示。

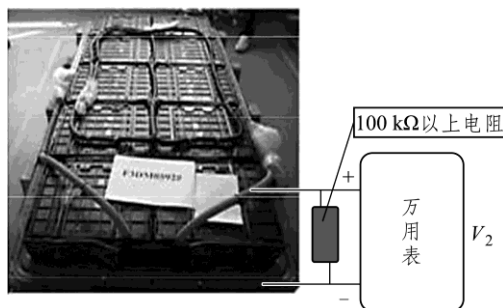


图 1-28 重测 V_1 测得结果

结果评判：

$$\frac{\frac{V_1 - V_2}{V_2} \times R}{\text{动力电池总电压}} > 500 \text{ } \Omega / \text{V} \text{ 说明不漏电；} \quad \frac{\frac{V_1 - V_2}{V_2} \times R}{\text{动力电池总电压}} \leq 500 \text{ } \Omega / \text{V} \text{ 说明漏电。}$$

(6) 动力电池其他故障检测。

按照故障情况参照维修手册进行相应参数测量，在测量过程中必须遵守以下原则：

① 使用万用表测量高压时，需注意选择正确量程，检测用万用表精度不低于 0.5 级，要求具有直流电压测量挡位，量程选择需要大于被测车型动力电池总电压 DC 挡位。

② 所使用的万用表等检测设备一根表笔线上配备绝缘鳄鱼夹（要求耐压为 3 kV ，过

电流能力大于 5 A)，测量时先把鳄鱼夹夹到电路的一个端子，然后用另一只表笔接到需测量端子测量读数。每次测量时只能用一只手握住表笔。测量过程中，严禁双手操作及触摸表笔金属部分。

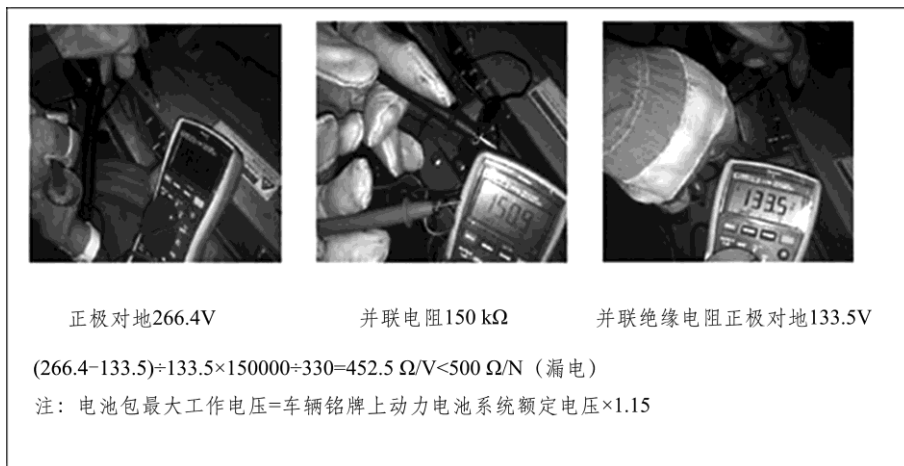


图 1-29

(7) 更换高压元器件及线束插接件时，需对断开插接件进行绝缘密封防护，防止短路及进入异物。

(8) 带电检修时，严禁负载带电工作时断开高压插接件，否则可能导致人员受到伤害及损伤车辆。

(9) 带电检修时，严禁电源在 ON 挡时断低压插接件，否则可能导致车辆受损。

(10) 动力电池漏液需更换内部元件时，操作人员严格按照要求穿戴防酸碱手套及防护镜，线束及插接件拆装时则正常穿戴绝缘胶鞋+绝缘手套+绝缘胶垫（在非安全维修工位作业时）。

(11) 动力电池抬上、抬下必须采用称重等级高于动力电池总重 1.5 倍的叉车，摆放位置不能歪斜，确保操作安全。

(12) 对于高压检测需要有工装的车型，无工装时严禁带电测量。

任务三 电气事故急救措施

任务描述

一名技师在维修电动汽车高压系统时，没有按照安全操作规程进行操作导致触电，作为车间的技术员，请你对这名技师进行现场救助。



学习目标

- (1) 了解电对人体的危害。
- (2) 懂得基本的触电急救知识。

引导问题一 电击事故急救措施

1. 援救电气事故中受伤人员时，你应该记住什么？

- (1) 你自身的安全是第一位的。
- (2) 绝对不要去触碰仍然与电压有接触的人员。
- (3) 如果可能，马上将电器系统断电！【关闭点火开关或者马上拔出维修接头（TW）】用不导电的物体（木板、扫帚把等）把事故受害者或者导体与电压分离。

2. 电击事故后实施急救时需要注意什么？

- (1) 如果事故受害者没有反应，应采取如下急救措施：
 - ① 首先确定受害者是否还有生命迹象，比如脉搏和呼吸。马上呼叫急救医生，或者马上请求他人去呼叫。
 - ② 进行人工呼吸以及心肺按压直到医生到达。
 - (2) 如果呼吸停止：使用非专业的去纤颤器（如果有的话）。
 - (3) 如果事故受害者能回应问询，应采取如下急救措施：对烧伤处进行降温处理，并用消过毒的无绒布进行包扎。
- 即使事故受害者拒绝，也要要求其接受治疗。（避免出现长期的后遗症！）

引导问题二 蓄电池事故急救措施

蓄电池事故中如果发生了皮肤接触，要用大量的清水进行冲洗；如果吸入了气体，必须马上呼吸大量新鲜空气；如果接触到了眼睛，要用大量的清水进行冲洗（至少 10 min）。如果吞咽了蓄电池内容物，要喝大量清水并且避免呕吐，还要寻求医疗救助。

项目小结

1. 低压蓄电池的功能及使用方法。
2. 绝缘测试仪的功能及使用方法。
3. 高压防护用品的使用及穿戴方法。
4. 电气事故的应急措施。

复习思考

1. 简述使用万用表测量低压蓄电池的方法；
2. 当出现电气事故时，你应该怎么做？
3. 使用绝缘测试仪时应该注意什么？

实训项目

实训 1-1 用万用表测量蓄电池电压

任务名称：使用万用表测量汽车低压蓄电池电压			
小组成员：		组号：	
日期：		成绩：	
实训车辆：			
任务目标：	掌握数字万用表的正确使用方法		
一、记录车辆基本信息			
二、信息收集			
三、任务实施			
1. 实训设备			
2. 安全要求及万用表使用注意事项			
3. 测量流程			
4. 小组自评			
5. 老师评价			

实训 1-2 高压防护用具的检查与穿戴

任务名称：高压防护用具的检查与穿戴			
小组成员：		组号：	
日期：		成绩：	
实训车辆：			
任务目标：	能够进行高压防护用具的检查与穿戴		
一、记录车辆基本信息			
二、信息收集			
三、任务实施			
1. 实训设备			
2. 安全要求及万用表使用注意事项			
3. 操作流程			
4. 小组自评			
5. 老师评价			

实训 1-3 绝缘测试仪的检查与使用

任务名称：用绝缘测试仪测试高压配电箱的绝缘性			
小组成员：		组号：	
日期：		成绩：	
实训车辆：			
任务目标：	1. 掌握绝缘测试仪的正确使用方法； 2. 会使用绝缘测试仪进行高压配电箱、动力电池的绝缘性测试。		
一、记录车辆基本信息			
二、信息收集			
三、任务实施			
1. 实训设备			
2. 安全要求及万用表使用注意事项			
3. 测量流程			
4. 小组自评			
5. 老师评价			