



汽车维护  
汽车美容与装潢  
汽车发动机电控技术  
**汽车电工电子技术基础**  
汽车底盘构造与维修  
汽车维修基础  
汽车发动机构造与维修  
汽车电气设备与维修

新能源汽车概论  
新能源汽车维护  
新能源汽车电气系统构造与检修  
新能源汽车动力电池系统构造与检修  
新能源汽车底盘构造与检修  
新能源汽车电驱动系统构造与检修  
新能源汽车充电系统构造与检修  
新能源汽车电工电子基础

“十四五”职业教育国家规划教材

汽车电工电子技术基础

河南省教育科学规划与评估院 编



“十四五”职业教育国家规划教材

# 汽车电工电子技术基础

河南省教育科学规划与评估院 编



汽车机械常识  
汽车车身电气设备检修  
汽车发动机与底盘拆装  
汽车定期维护

更多信息请关注



大象出版社  
官方微信



大象出版社  
抖音号



大象出版社  
京东旗舰店



大象e学

ISBN 978-7-5711-2492-2



9 787571 124922  
定价: 38.60元

大象出版社

中原出版传媒集团  
中原传媒股份公司



## 图书在版编目(CIP)数据

汽车电工电子技术基础 / 河南省教育科学规划与评估院编. -- 郑州 : 大象出版社, 2024. 11 (2025. 8 重印). -- ISBN 978-7-5711-2492-2  
I . U463. 6  
中国国家版本馆 CIP 数据核字第 2024SH7670 号

## 汽车电工电子技术基础

QICHE DIANGONG DIANZI JISHU JICHU

河南省教育科学规划与评估院 编

---

出版人 汪林中

责任编辑 何 姗

责任校对 陶媛媛 马 宁 张迎娟

装帧设计 王莉娟

---

出版发行 大象出版社(郑州市郑东新区祥盛街 27 号 邮政编码 450016)

发行科 0371-63863505 总编室 0371-65597936

网 址 [www.daxiang.cn](http://www.daxiang.cn)

印 刷 河南美图印刷有限公司

经 销 各地新华书店经销

开 本 787 mm×1092 mm 1/16

印 张 13

字 数 277 千字

版 次 2024 年 11 月第 1 版 2025 年 8 月第 2 次印刷

定 价 38. 60 元

若发现印、装质量问题,影响阅读,请与承印厂联系调换。

印厂地址 河南省郑州市高新技术产业开发区春兰路 3 号

邮政编码 450003 电话 0371-65349960

# 中等职业教育校企合作精品教材

## 出版说明

2014年，本套中等职业教育汽车运用与维修专业校企合作精品教材编写完成，编写团队由职业院校一线教师与汽车行业企业技术专家组成，校企深度协作，确保教材兼具理论深度与实践价值。

2020年，我们结合教学反馈对这套教材进行首次修订，优化内容结构与表述方式，使其更贴合中职教学实际，修订后教学效果显著，获师生认可。

2023年，我们依据“十四五”职业教育国家规划教材建设要求及专家审读意见，对本套教材启动新一轮修订。同时，紧跟汽车行业技术迭代步伐，深入落实《国家职业教育改革实施方案》《职业院校教材管理办法》，纳入成熟的新技术、新工艺、新规范、新标准，并新增新能源汽车运用与维修、智能网联汽车技术等教材品种，完善教材体系，确保教材对接行业趋势与市场需求，适配教学活动。

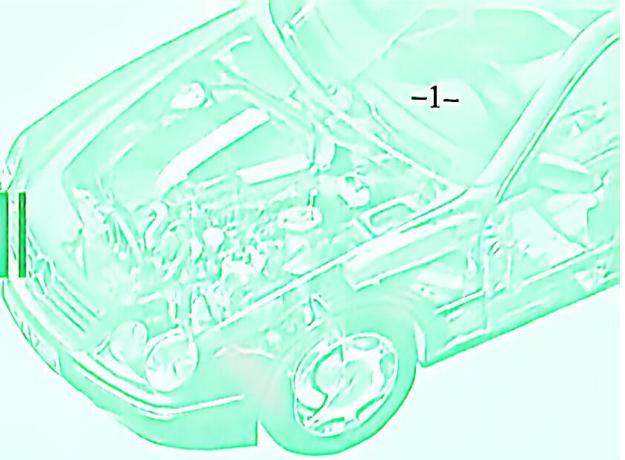
本套教材特点如下：一是助力“1+X”证书制度试点，实现课程内容与职业标准、学历证书与职业技能等级证书对接；二是紧密联系企业实际，及时纳入“四新”内容，增强教材的前瞻性、针对性与适用性；三是遵循技术技能型人才培养规律，整合职业岗位所需技能、知识与素质，实现从知识体系向技能体系的转变；四是推动教学过程对接生产过程，彰显“做中学、做中教”“做学教一体化”的职教特色；五是配套工作页、练习册作为教材的延伸和补充，形成“三位一体”体系，助力学生夯实基础、锤炼技能。

本套教材的出版与使用，旨在为“校企合作、工学结合、岗位实习”人才培养模式提供保障，助力职业教育校企合作深化，服务新时代职业教育高质量发展。

教材编写与修订过程中，校企编写人员秉持合作精神，力求呈现高质量教材。因教材编写工作具有创新性，书中难免存在不足，欢迎广大读者与专家提出宝贵意见和建议。



## 前言



在汽车技术日新月异的发展背景下，汽车电工电子技术在现代汽车上应用越来越广泛，对汽车性能的影响至关重要。为了培养适应当前技术发展要求的汽车维修技术技能型人才，我们编写了这本《汽车电工电子技术基础》。本教材依据《河南省中等职业教育校企合作精品教材编写方案》编写，旨在贯彻落实《国家职业教育改革实施方案》的相关要求，培养高素质的技术技能型人才。

在编写过程中，我们集合了具有多年教学经验的职业院校一线教师和知名汽车维修企业的技术骨干，进行深入的讨论和研究。我们参考国家级、省级汽车维修技能大赛项目对相关知识和技能的考查特点，并结合企业岗位技能标准，按照“1+X”证书制度的要求，制定编写大纲，确定编写内容。我们积极探索新型编写形式和人才培养理念，力求将本教材编写成更贴近教学和工作实际的教学用书。

本教材的创新特色主要体现在以下几个方面：

1. 校企合作，工学结合。在编写前，我们进行了大量的市场调研，选取了经营状况良好、技术力量雄厚的汽车维修企业的技术骨干，与教学一线经验丰富的教师组成编写队伍并按照各自特长合理分工：企业人员提供典型作业案例、先进设备的技术资料以及新工艺、新方法的操作规范等，院校教师则对这些内容进行了归纳总结和理论提升，使之适用于教学，确保教材内容与职业岗位的对接。

2. 项目引领，任务驱动。本教材按照汽车电工电子技术的特点设置了八个项目和具体任务，让学生在真实的工作项目和任务引领下，通过小组合作或教师讲授获取直接的理论知识，在任务完成过程中有效提升专业能力。

3. 综合多门学科知识，突出实用。汽车电工电子技术基础涉及多门学科知识，我们将这些学科中与汽车电工电子技术紧密相关的知识进行优化和重组，淡化学科界限，减少不必要的逻辑推导和数理分析，突出实用技术。

4. 创新编写体例。本教材将汽车电工电子技术的基础理论知识和基本技能归纳为一个个项目，每个项目下设置若干任务，每个任务引入真实的“作业案例”，让学生带着问题去学习。任务结束后还有“案例分析”，对前面“作业案例”进行剖析，

总结学习任务、培养学生严谨的工作作风。

5. 重视实践教学环节。我们遵循职业教育中“做中学，做中教”的理念，以学生为中心，教与学并重，做到“做、学、教一体化”，满足教学过程与生产过程相对接的要求。

本教材由河南省理工中等专业学校魏建成、郑延武担任主编，并负责整体审核。郑州工业安全职业学院（河南信息工程学校）贾佳、郑州市国防科技学校李瑾来、河南省理工中等专业学校田国豪担任副主编。具体编写分工如下：郑州市国防科技学校刘晓云编写项目1；郑州市国防科技学校李瑾来编写项目2；河南省理工中等专业学校田国豪编写项目3；郑州工业安全职业学院（河南信息工程学校）贾佳、河南省理工中等专业学校魏建成编写项目4和项目8；河南省理工中等专业学校方国锦编写项目5；郑州市国防科技学校党令军、河南省理工中等专业学校郑延武编写项目6和项目7。在本书编写过程中，中汽院智能网联科技有限公司提供了汽车维修服务手册等专业资料，并对本书的修改提出了意见和建议。

虽然编者们力求精益求精，但书中难免仍有不足之处，敬请广大读者批评指正。

编者

2024年5月



课件

# || 目 录 ||

## 项目1 // 汽车直流电路

|                     |    |
|---------------------|----|
| 任务 1 电的基础知识         | 2  |
| 任务 2 电路的概念与组成       | 6  |
| 任务 3 欧姆定律及常见电路连接    | 14 |
| 任务 4 基尔霍夫定律及汽车电路的特点 | 21 |

## 项目2 // 电磁学基础

|               |    |
|---------------|----|
| 任务 1 电流的磁效应   | 29 |
| 任务 2 磁场对电流的作用 | 37 |
| 任务 3 电磁感应     | 42 |

## 项目3 // 交流电

|              |    |
|--------------|----|
| 任务 1 正弦交流电概述 | 50 |
| 任务 2 三相交流电路  | 58 |

## 项目4 // 汽车电机技术基础

|               |    |
|---------------|----|
| 任务 1 汽车直流电机   | 69 |
| 任务 2 认识三相异步电机 | 76 |
| 任务 3 电机控制电路初识 | 83 |

## 项目5

## 模拟电路与数字电路基础

|              |     |
|--------------|-----|
| 任务1 模拟电路基础知识 | 94  |
| 任务2 数字电路基础知识 | 110 |

## 项目6

## 汽车电气检测维修常用工具

|                 |     |
|-----------------|-----|
| 任务1 手工锡焊        | 126 |
| 任务2 数字万用表的认识与使用 | 137 |

## 项目7

## 汽车电路识读基础

|                        |     |
|------------------------|-----|
| 任务1 汽车电路基础元件的认识及电路符号识读 | 145 |
| 任务2 识读整车电路图            | 157 |

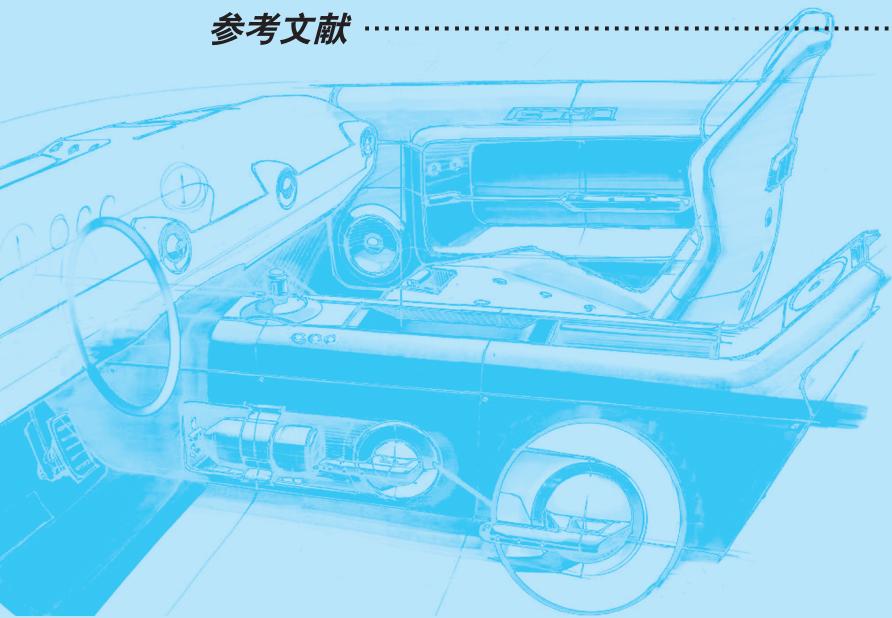
## 项目8

## 纯电动汽车用电防护

|                   |     |
|-------------------|-----|
| 任务1 纯电动汽车工作电压介绍   | 171 |
| 任务2 安全用电与急救知识     | 178 |
| 任务3 安全防护用具        | 188 |
| 任务4 纯电动汽车维护作业安全防护 | 194 |

## 参考文献

200





## 项目 1 汽车直流电路

### 项目概述

汽车直流电路是汽车电路分析的基础。掌握汽车直流电路的基础知识,将为学习汽车电气设备构造与汽车维修打下良好基础。通过本项目的学习,同学们要掌握一些电的基本物理量、汽车直流电路的组成、常见电路的连接方式以及电路的三种状态,并通过“任务实施”进一步理解汽车电路的特点。

### 知识目标

1. 掌握电流、电压、电位、电阻等基本概念。
2. 认识电路,掌握电路的基本组成,理解电路各部分的作用。
3. 掌握欧姆定律,掌握串联电路和并联电路的特点,理解电路通路、断路和短路的 3 种状态。
4. 认识汽车电气实物,掌握汽车电路的特点。

### 技能目标

1. 能正确地画出电路图。
2. 能正确地进行电路连接。
3. 能应用电路基本定律分析和求解电路的基本物理量,并能根据电路特点排查简单故障。

### 素养目标

1. 逐步养成遵守 8S 管理要求的工作习惯。
2. 培养安全生产和安全用电意识。
3. 培养规范操作意识和严谨认真的科学态度。



## 任务 1 电的基础知识

### 作业案例

一辆哈弗 M6 汽车的车主,发现自己在起动车辆时,听到哒哒哒的响声,然而汽车却无法正常起动,试分析原因。

### 知识准备

#### 学习资料 1 电的基本概念

电是由静止或移动的电荷所产生的物理现象。在自然界中只有两种电荷,即正电荷和负电荷。人们把用丝绸摩擦过的玻璃棒带的电荷叫作正电荷,把用毛皮摩擦过的橡胶棒带的电荷叫作负电荷。同种电荷互相排斥,异种电荷互相吸引。

电荷的多少叫作电荷量,常用  $Q$  或  $q$  表示。在国际单位制中,电荷量的单位是库仑,简称库,符号是 C。通常,正电荷用正数表示,负电荷用负数表示。

#### 学习资料 2 电流

电荷的定向移动形成电流。在金属导体中,电流是自由电子在电场力作用下做定向移动形成的;在电解液或者被电离的气体中,电流则是正、负离子在电场力作用下做有规则运动形成的。习惯上规定正电荷移动的方向或负电荷移动的反方向为电流的方向。

电流的大小定义为单位时间内通过导体横截面的电荷量,根据定义有

$$i = \frac{\Delta q}{\Delta t}$$

其中,  $i$  表示电流,  $\Delta t$  表示时间间隔,  $\Delta q$  表示在时间  $\Delta t$  内通过导体横截面的电荷量。在国际单位制中,电流的单位是安培,简称安,符号是 A,常用的电流单位还有毫安 (mA) 和微安 ( $\mu$ A)。其换算关系为  $1 A = 10^3 mA = 10^6 \mu A$ 。

根据大小和方向随时间变化的情况,电流可以分为两大类。一类是大小和方向都不随时间变化的电流,称为直流电流(简称直流电),用字母“DC”表示;另一类是大小和方向都随时间变化的电流,称为交流电流(简称交流电),用字母“AC”表示。

### 学习资料3 电压和电位

#### 1. 电压

电压是移动单位电荷时电场力所做的功。在电路中,单位正电荷从A点移动到B点获得或者失去的能量,称为A、B两点间的电压。据此,电压可通过以下公式计算。

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

式中:  $Q$ ——电荷量,单位为库仑(C);

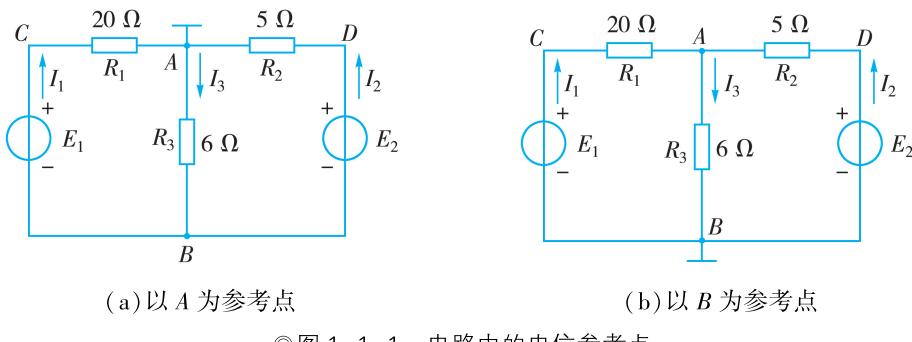
$W_{AB}$ ——电荷从一点移动到另一点获得或者失去的能量,单位为焦耳(J);

$U_{AB}$ ——A、B两点间的电压,单位为伏特(V)。

在国际单位制中,电压的单位是伏特,简称伏,符号是V,常用的电压单位还有千伏(kV)、毫伏(mV)、微伏(μV)等。其换算关系为  $1\text{ kV} = 10^3\text{ V} = 10^6\text{ mV} = 10^9\text{ μV}$ 。

#### 2. 电位

在计算电路中某点的电位时,首先要确定一个参考点,规定该点的电位为零。参考点的选择可以是任意的,但一经选定,在分析和计算过程中就不再改动。在汽车电路中,通常以搭铁点作为电路的参考点,电路中任一点的电位就是该点与搭铁点之间的电压。电力系统中,通常以大地为参考点;电子电路中,一般选择电子设备的金属机壳或某公共节点作为参考点。在电路中用符号“ $\perp$ ”表示电位参考点,如图1-1-1所示。



◎图1-1-1 电路中的电位参考点

电路的参考点确定后,某一点的电位即该点与参考点之间的电压。电压与电位的关系为  $U_{AB} = V_A - V_B$ 。电位通常用V表示,电位与电压单位相同,也是伏特(V)。

计算某点的电位时,可以选取该点到参考点的任意一条路径,计算沿途电压升高(取正值)与降低(取负值)的代数和。对于电源电动势,其方向是由低电位指向高电位;对于电阻,电流从其高电位端流入,低电位端流出。

电路中的参考点不同,电路中各点的电位也不同。

图1-1-1(b)中,  $E_1 = 140\text{ V}$ ,  $E_2 = 90\text{ V}$ ,  $I_1 = 4\text{ A}$ ,  $I_2 = 6\text{ A}$ ,  $I_3 = 10\text{ A}$ ,

各段电路中的电压为

$$U_{AB} = I_3 R_3 = 10 \times 6\text{ V} = 60\text{ V}$$



$$U_{CA} = I_1 R_1 = 4 \times 20 \text{ V} = 80 \text{ V}$$

$$U_{DA} = I_2 R_2 = 6 \times 5 \text{ V} = 30 \text{ V}$$

$$U_{CB} = U_{CA} + U_{AB} = 140 \text{ V}$$

$$U_{DB} = U_{DA} + U_{AB} = 90 \text{ V}$$

若以  $A$  为参考点, 电路中其他各点的电位为

$$V_B = -60 \text{ V} \quad V_C = 80 \text{ V} \quad V_D = 30 \text{ V}$$

若以  $A$  为参考点,  $A$ 、 $B$  两点间的电压为

$$U_{AB} = V_A - V_B = 0 \text{ V} - (-60) \text{ V} = 60 \text{ V}$$

$$U_{BA} = V_B - V_A = (-60) \text{ V} - 0 \text{ V} = -60 \text{ V}$$

若以  $B$  为参考点, 电路中其他各点的电位为

$$V_A = 60 \text{ V} \quad V_C = 140 \text{ V} \quad V_D = 90 \text{ V}$$

若以  $B$  为参考点,  $A$ 、 $B$  两点间的电压为

$$U_{AB} = V_A - V_B = 60 \text{ V} - 0 \text{ V} = 60 \text{ V}$$

$$U_{BA} = V_B - V_A = 0 \text{ V} - 60 \text{ V} = -60 \text{ V}$$

通过以上计算可以发现, 电路中两点之间的电压绝对值是确定的, 正负则与参考点有关, 例如  $U_{AB} = 60 \text{ V}$ ,  $U_{BA} = -60 \text{ V}$ ,  $U_{CA} = 80 \text{ V}$ ,  $U_{AC} = -80 \text{ V}$ 。电路中各点的电位是相对于参考点而言的, 选择不同的参考点, 电位的正负和大小就会不同。

## 学习资料 4 电阻

导体对电流的阻碍作用叫作该导体的电阻。导体的电阻越大, 表示其对电流的阻碍作用越大。不同的导体, 电阻一般不同, 电阻是导体本身的一种性质。电阻通常用字母  $R$  表示, 单位是欧姆, 简称欧, 符号是  $\Omega$ 。当导体两端的电压是 1 V, 导体内通过的电流是 1 A 时, 这段导体的电阻就是 1  $\Omega$ 。常用的电阻单位有千欧( $k\Omega$ )、兆欧( $M\Omega$ ), 它们之间的换算关系是  $1 \text{ M}\Omega = 10^3 \text{ k}\Omega = 10^6 \Omega$ 。

电阻反映了导体的导电能力, 是导体的客观属性。它的大小与导体的材料、长度、横截面积以及所处的环境温度有关。实验结果表明, 在保持温度不变的条件下, 导体的电阻跟导体的长度成正比, 跟导体的横截面积成反比, 并与导体的材料性质有关。其计算公式为

$$R = \rho \frac{l}{S}$$

式中:  $\rho$ ——导体电阻率, 单位为欧米( $\Omega \cdot m$ );

$l$ ——导体长度, 单位为米(m);

$S$ ——导体横截面积, 单位为米<sup>2</sup>( $m^2$ )。



## 任务实施

蓄电池起动  
电压检测

### 技能实训 蓄电池起动电压检测

**步骤1:**车辆停放平稳并驻车可靠,打开车门,铺设驾驶室内部防护四件套。

**步骤2:**打开发动机舱盖,铺好发动机舱防护罩。

**步骤3:**清洁蓄电池表面,检查蓄电池正负极是否有腐蚀、电缆是否松动。

**步骤4:**通过观察窗口查看蓄电池颜色是否正常(绿色表示蓄电池正常,灰白色表示蓄电池亏电)。使用数字万用表直流电压挡测量车辆蓄电池静态电压,正常电压应该大于12.6 V。

**步骤5:**起动发动机时再次测量蓄电池起动电压,正常起动电压应大于11.4 V。

**步骤6:**恢复车辆,收回工具量具,注意8S管理要求。

## 案例分析

用数字万用表测量该车的蓄电池电压,大于12.6 V,起动发动机时再次测量蓄电池起动电压,发现电压不足11.4 V,该车辆无法正常起动是因为蓄电池亏电。当汽车蓄电池的电量不足时,点火系统无法正常运作,车辆不能正常起动,只能听到哒哒哒的响声。

## 超级链接

### 电功

一段电路中电流在一段时间内所做的功,简称电功。电流做功的过程就是电能转化为其他形式的能的过程。电功的计算公式为

$$W=UIt$$

在国际单位制中,电功的单位为焦耳,简称焦,符号为J。在日常生活和工程中,电功的常用单位为千瓦时(kW·h)或度,1 kW·h=3.6×10<sup>6</sup>J。

**▲注意:**① $W=UIt$ 适用于一切电路。

②计算公式中各量均采用国际单位制单位。

③电功是标量。



## 电功率

电流所做的功与完成这些功所用时间的比值叫作电功率,它是反映电流做功快慢的物理量。电功率的计算公式为

$$P = \frac{W}{t} = UI$$

在国际单位制中,电功率的单位为瓦特,简称瓦,符号是W,常用单位为千瓦(kW)。

**▲注意:**电功率的计算公式适用于一切电路。

### 额定功率与实际功率

额定功率:用电器在额定电压(或额定电流)下工作时的电功率。

实际功率:用电器实际工作时的电功率。

## 任 务 2 电路的概念与组成



### 作业案例

王先生的哈弗M6左后转向灯无法工作,请根据“知识准备”中所学的内容,对汽车转向灯进行检修。

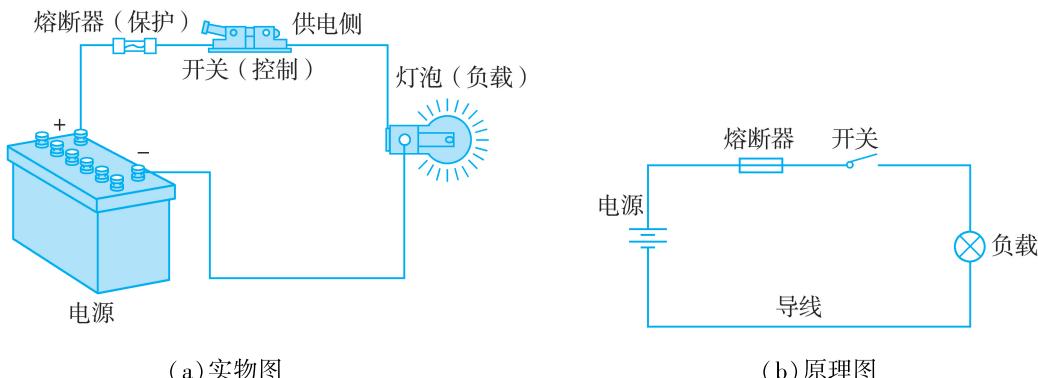


### 知识准备

### 学习资料1 电路的基本概念

随着社会的发展,电在我们的日常生活、工农业生产、国防建设、科技创新等领域都扮演着不可或缺的角色。用电就要涉及电路,电路是多样的,不管电路的具体形式和复杂程度如何,它们都由一些最基本的元器件组成。

电路是电源、用电器、开关等按一定方式用导线连接组成的总体,它提供了电流可以流通的路径。简单电路如图1-2-1所示。



◎图 1-2-1 简单电路

只有电路闭合时,电路中才有电流。一个电路中的电流从电源正极出发经过整个电路,回到电源负极就形成了一个闭合回路。

## 学习资料2 电路的组成

电路是电流流通的路径,一个完整的电路一般包括电源、负载、导线、开关与安全保护器件等。

### 1. 电源

电源是为电路中的用电设备提供电能的装置,分为交流电源和直流电源两种。汽车上所使用的蓄电池和发电机均是直流电源。蓄电池是将其极板上储存的化学能转化成电能向汽车上的用电设备供电。而发电机则是在发动机的驱动下,将机械能转化成电能向汽车上的用电设备供电。

### 2. 负载

负载是在电路中接收电能的设备,是各类用电器的统称。汽车上的照明灯、信号灯、电喇叭、继电器等均是电路中的负载。

### 3. 导线

导线在电路中连接电源和负载,起传输和分配电能的作用。导线通常由铜、铝、银等金属导体制成,并用绝缘材料包装。现实中的车辆会将金属车身和车架作为电路的一部分,以减少导线长度、简化布局。

### 4. 开关与安全保护器件

除电源、负载和导线这三大要素外,汽车电路中通常还配有相应的开关以及熔断器、易熔线、断路器等电路安全保护器件。开关可使电路在人们的控制下工作,安全保护器件则是为了保护电路不被过载电流和短路电流烧坏。

## 学习资料3 电路的作用

电路的作用大致可分为两类:一类是实现电能的传输和转换,例如电力网络将电能从



各个发电厂输送到千家万户,供各种电气设备使用;另一类是实现电信号的传输、处理和存储,例如含有声音和图像信息的高频电视信号通过高频传输线输送到电视机中,这些信号经过选择、变频、放大和检波等处理,恢复原来的声音和图像信息,在扬声器中发出声音并在液晶显示屏上呈现图像。

## 学习资料4 汽车电路中的主要元器件

### 1. 电阻器

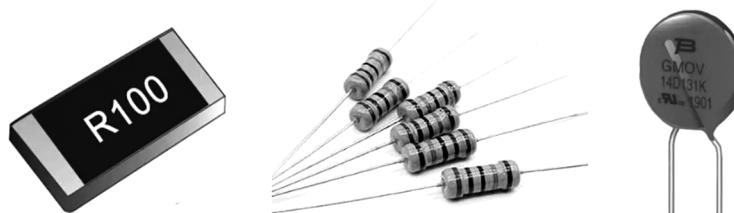
电阻器是一种对电流有阻碍作用的元件,它通过自身的电阻特性来限制电路中的电流大小。电阻器质量的好坏将会对电路工作的稳定性产生极大的影响。

电阻器的主要作用是稳定和调节电路中的电流和电压,还可以作为分流器、分压器和负载使用。

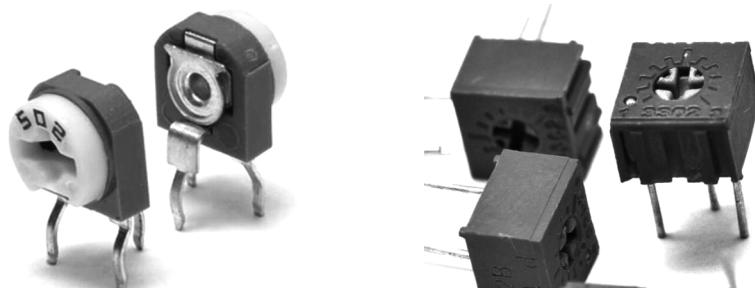
电阻器按阻值是否可变可以分为固定电阻器和可变电阻器两大类。

①固定电阻器的阻值是固定的,厂商生产后就不再改变,是最常见的一类电阻器。如图1-2-2所示。

②可变电阻器的阻值在一定范围内可以调整。如图1-2-3所示。



◎图 1-2-2 固定电阻器



◎图 1-2-3 可变电阻器

电阻器按材料不同可以分为碳膜电阻器、金属膜电阻器和线绕电阻器三种。

①碳膜电阻器是在瓷质基体上,通过真空蒸发或化学沉积等方法涂覆一层碳膜制成的。碳膜电阻器成本较低,性能稳定,是一种应用广泛的固定电阻器。

②金属膜电阻器是在瓷质基体上,通过真空蒸发等方法沉积一层金属膜制成的。金属膜电阻器具有精度高、温度系数小、噪声小等优点,适用于对精度和稳定性要求较高的电路。

③线绕电阻器是用高电阻率的金属丝(如镍铬合金丝)绕在绝缘骨架上制成的。线绕电阻器的特点是阻值精确、功率较大,但体积相对较大,且存在一定的电感,适用于大功率、高精度要求的电路。

## 2. 电容器

电容器是由两片靠近并相互绝缘的导体制成的电极组成的储存电荷和电能的器件。部分常见电容器如图 1-2-4 所示。



◎1-2-4 部分常见电容器

电容器每个极板上所储存的电荷量叫作电容器的电容量。在充电过程中,会有电流流过电容器,充电过程结束后,电容器不能通过直流电,但可以通过交流电。实际应用中,如耦合电容、滤波电路等,都是利用了电容器“通交流、隔直流”的特性。

### (1) 电容器的充电

在电容器两端施加电压,使电容器带电(储存电荷和电能)的过程称为电容器的充电。把电容器的一个极板接电源(如电池组)的正极,另一个极板接电源的负极,两个极板就分别带上了等量的异种电荷。充电后电容器的两极板之间就有了电场。充电过程中,电源的电能转化为电容器内部的电能。

### (2) 电容器的放电

充电后的电容器通过外接电路失去电荷(释放电荷和电能)的过程称为电容器的放电。例如,用一根导线把电容器的两极接通,两极上的电荷互相中和,电容器就会放出电荷和电能。放电后,电容器两极板之间的电场消失,电能转化为其他形式的能。

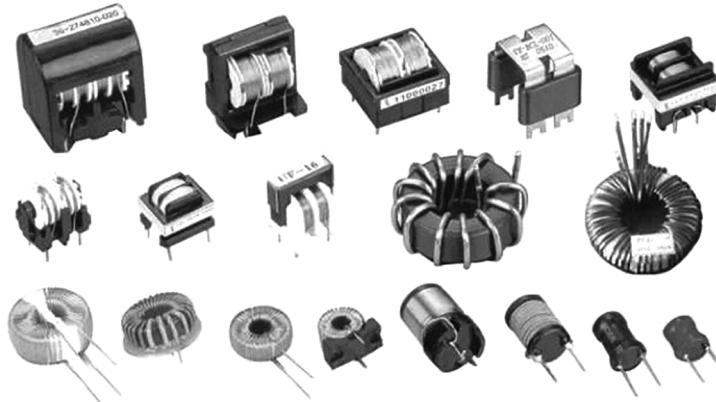
## 3. 电感器

电感器在电路中的使用虽然没有电阻器、电容器广泛,但也是汽车电路的基本元器件之一。

电感器是一种能够储存磁场能量的电子元件。电感器的结构类似变压器,但只有一个绕组,是用漆包线、纱包线或塑皮线在铁芯上绕制成的一组串联的同轴线匝。部分常见电感器如图 1-2-5 所示。电感器的作用是滤波、储能和阻碍电流变化。电感器对电流的



变化有阻碍作用,这种特性使得它在一些电路中可以用来控制电流的上升和下降速率。



◎图 1-2-5 部分常见电感器

#### 4. 熔断器

熔断器是当电流超过规定值时,以自身产生的热量熔断熔体,断开电路的一种安全装置。

##### (1) 熔断器的结构

熔断器主要由支架、熔体(金属丝)、电极构成。

支架:固定熔体,并使三个部分成为刚性整体的结构。

熔体:熔断器的核心部件,熔断时起到切断电流的作用。同一类、同一规格熔断器的熔体,材质要相同、几何尺寸要相同、电阻值尽可能地小且要一致,最重要的是熔断特性要一致。

电极:通常有两个,是熔体与外部电路连接的重要部件。电极必须有良好的导电性,不应产生明显的安装接触电阻。

##### (2) 熔断器的分类

按结构形式的不同,熔断器可以分为插入式熔断器、螺旋式熔断器、封闭管式熔断器和自复式熔断器等类型。

①插入式熔断器。插入式熔断器主要应用于额定电压 380 V 及以下的低压电路末端,作为供配电系统中导线和电气设备以及 220 V 单相电路(例如民用照明电路及电气设备)的短路保护器件。如图 1-2-6(a)所示。

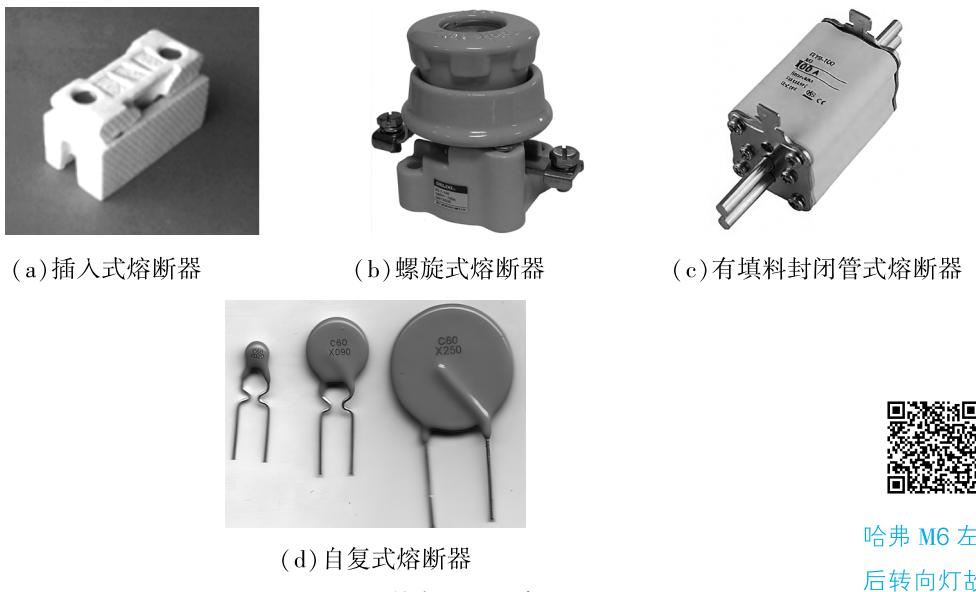
②螺旋式熔断器。螺旋式熔断器主要应用于交流电压 380 V、电流强度 200 A 以内的电路中,作为短路保护器件,特别是在机床电路中应用比较广泛。如图 1-2-6(b)所示。

③封闭管式熔断器。封闭管式熔断器又分为无填料封闭管式熔断器和有填料封闭管式熔断器。

无填料封闭管式熔断器主要应用于经常发生过载和短路故障的电路中,作为低压电力线路和电气设备的连续过载及短路保护器件。

有填料封闭管式熔断器主要应用于短路电流大、可靠性要求高的系统,是主配电系统和大功率设备的核心保护器件。如图1-2-6(c)所示。

④自复式熔断器。自复式熔断器采用金属钠等材料作为熔体。当电路发生过载或短路时,熔体温度急剧上升,金属钠迅速汽化,阻值剧增,即瞬间呈现高电阻状态,从而限制了短路电流。当故障消失后,熔体温度下降,金属钠蒸气冷却并凝结,自动恢复至原来的导电状态。自复式熔断器常与断路器串联使用,多用于对供电连续性要求较高的电路中,保障系统的稳定运行。如图1-2-6(d)所示。



### 技能实训 哈弗M6左后转向灯故障检修

**步骤1:**车辆停放平稳并驻车可靠,打开车门,铺好驾驶室内部防护四件套。

**步骤2:**拆卸左后转向灯。

**步骤3:**对数字万用表进行校零。选择电阻挡及合适量程。

**步骤4:**正确测量转向灯灯丝的电阻,一般约为 $2\Omega$ 。此次测量值为无穷大,说明灯丝烧断。

**步骤5:**更换灯泡,故障排除。

**步骤6:**恢复车辆,收回工具量具,恢复工位,注意8S管理要求。

### 案例分析

哈弗M6汽车转向灯电路由蓄电池、转向开关、熔断器、车灯、车身控制器(Body Control Module,BCM)、连接导线等组成。当左转向灯开关闭合时,闭合信号传递给BCM,



电流由蓄电池正极出发通过线束流经 BCM、车灯到车身负极搭铁形成闭合回路。左侧有三个转向灯,只有左后侧转向灯无法正常工作,说明转向开关及控制电路没有问题,通过测量,左后转向灯线束端子电压为 12 V,故该故障在转向灯。测量转向灯电阻为无穷大,更换同型号灯泡后故障排除。



## 超级电容器

超级电容器简称超级电容,是一种新型能量存储器件。与传统电容器相比,超级电容器具有更高的能量密度、更大的容量、更快的充放电速率、更长的使用寿命、良好的高低温性能以及快速充电能力等优点,因此广泛应用于可再生能源储能系统、新能源汽车、便携式电子设备等领域。

### 1. 超级电容器的结构

超级电容器一般由两个电极、电解质和隔膜组成。其中,电极材料是决定其性能的关键因素。传统电容器的电极常采用导电金属材料,而超级电容器的电极材料为活性炭、金属氧化物、导电高分子材料等,这些材料具有极高的比表面积和良好的电化学活性。超级电容器的电解质通常为离子液体或聚合物凝胶,可促进电荷快速迁移,提升充放电速率和能量密度。隔膜则用于分隔两个电极,防止短路,同时允许离子通过。

### 2. 超级电容器的分类

根据储能机制的不同,超级电容器主要分为双电层电容器和法拉第准电容器两类。

#### (1) 双电层电容器

双电层电容器主要利用电极和电解液界面处形成的双电层来储存能量。其电极材料通常为活性炭等具有大比表面积的材料。双电层电容器的能量密度相对较低,但功率密度高、循环寿命极长。由于储能过程中没有发生化学反应,因此其充放电速度非常快。此外,双电层电容器的工作温度范围较宽,对环境的适应性较强。

#### (2) 法拉第准电容器

法拉第准电容器主要通过电极材料表面或近表面发生的快速、可逆的氧化还原反应来储存能量。其电极材料通常为金属氧化物、导电高分子等。法拉第准电容器的能量密度通常高于双电层电容器,但功率密度和循环寿命一般低于双电层电容器。

**▲注意:**还存在结合以上储能机制的混合型超级电容器。

### 3. 超级电容器的关键参数

#### (1) 容量

超级电容器的容量表示其存储电荷的能力。它主要由电极材料的有效比表面积(影

响双电层电容器)和电化学活性(影响法拉第准电容器)决定。

#### (2) 额定电压

额定电压是指超级电容器可以安全工作的最高电压。单体超级电容器的额定电压通常在 2.5 ~ 3.0 V。实际应用可通过串联获得更高电压。

#### (3) 等效串联内阻

超级电容器的等效串联内阻是将超级电容器内部所有损耗因素(如电极材料电阻、电解质离子迁移阻力、集流体接触电阻、隔膜阻抗等)综合等效为一个串联在理想电容器(纯电容性元件)上的电阻。等效串联内阻数值越低越好。

#### (4) 循环寿命

循环寿命是指超级电容器在容量衰减至初始值的一定比例(如 80%)时或内阻增长到一定倍数之前,能够承受的额定充放电循环次数。

#### (5) 能量密度

能量密度是指单位质量或单位体积的超级电容器所能存储的能量。

#### (6) 功率密度

功率密度是指单位质量或单位体积的超级电容器所能输出的功率。

### 4. 超级电容器的应用

#### (1) 可再生能源储能系统

超级电容器可以用于太阳能和风能发电系统,具有响应快、效率高、寿命长的优势。

#### (2) 新能源汽车

超级电容器可以用于新能源汽车辅助动力系统,具有高功率、快速充电等优势。

#### (3) 便携式电子设备

超级电容器可以用于手机、智能手表、平板电脑等便携式电子设备中,提供更为快速、便捷的充电方式。

#### (4) 能源管理

超级电容器可以在电网稳定性维护和电能质量监测领域中使用,提供电能存储和释放支持,以调节电网的电压和频率。

#### (5) 飞行器设备

超级电容器可以用于飞行器电力系统,具有高性能、高可靠性、轻便的优势。

### 5. 超级电容器的未来发展

超级电容器作为一种新型能量储存器件,其发展具有广阔的前景。未来,随着科技的进步和工业的发展,超级电容器的容量、额定电压、能量密度、功率密度等关键性能指标有望持续提升。随着可再生能源、新能源汽车等行业的发展,超级电容器的需求和市场将持续扩大,成为现代能源存储与转换技术体系中不可或缺的重要一环。



## 任 务 3

## 欧姆定律及常见电路连接

## 作业案例

一辆哈弗 M6 汽车的左前示宽灯不亮,而右前和后部示宽灯正常,请你进行检修。

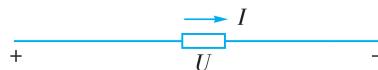
## 知识准备

## 学习资料 1 欧姆定律

欧姆定律是德国物理学家欧姆根据大量的实验研究归纳得出的,包括部分电路欧姆定律和全电路欧姆定律。

## 1. 部分电路欧姆定律

如图 1-3-1 所示,只有负载而不含电源的一段电路称为部分电路。



◎图 1-3-1 部分电路

部分电路欧姆定律适用于部分电路,它表明流过电阻的电流与其两端的电压成正比,与电阻值成反比。用公式表示为

$$I = \frac{U}{R}$$

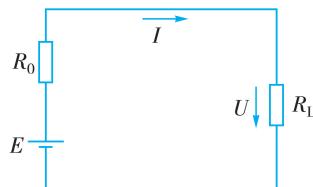
式中: $I$ —电流,单位为安培(A);

$U$ —电压,单位为伏特(V);

$R$ —电阻,单位为欧姆( $\Omega$ )。

## 2. 全电路欧姆定律

含有电源和负载的闭合电路称为全电路,如图 1-3-2 所示。其中电源内部的电路称为内电路,电源外部的电路称为外电路。



◎图 1-3-2 全电路

全电路欧姆定律也称为闭合电路欧姆定律。在全电路中,通过电路的电流与电源电动势成正比,与电路总电阻成反比。用公式表示为

$$I = \frac{E}{R+r}$$

式中: $I$ ——电流,单位为安培(A);

$E$ ——电源的电动势,单位为伏特(V);

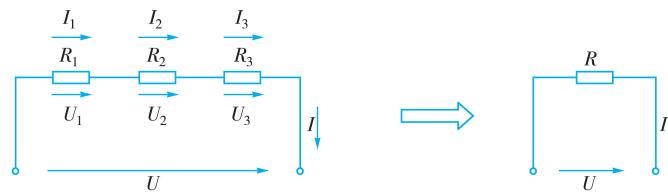
$r$ ——内电路的电阻,即电源的内电阻,单位为欧姆( $\Omega$ );

$R$ ——外电路的电阻,单位为欧姆( $\Omega$ )。

## 学习资料2 电路的连接方式

### 1. 串联电路

串联是将电路元件逐个顺次首尾相连接入电路中的连接方式。串联电路如图1-3-3所示。串联电路中电流、电压和电阻的规律见表1-3-1。



◎图1-3-3 串联电路

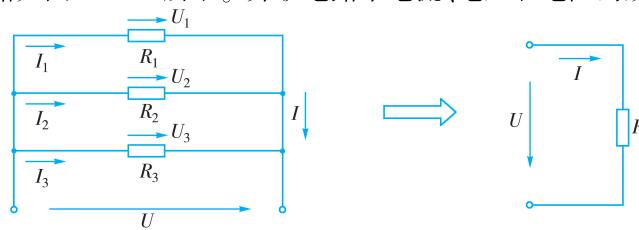
表1-3-1 串联电路中电流、电压和电阻的规律

| 物理量 | 规律                         | 表达式                                 |
|-----|----------------------------|-------------------------------------|
| 电流  | 串联电路中通过各元件的电流都相等           | $I_1 = I_2 = I_3 = \dots = I_n$     |
| 电压  | 串联电路中总电压等于分电压(每个元件两端的电压)之和 | $U = U_1 + U_2 + U_3 + \dots + U_n$ |
| 电阻  | 串联电路中总电阻等于分电阻之和            | $R = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n$ |

串联电路的应用很广,例如,在负载的额定电压低于电源电压的情况下,常需要给负载串联一个电阻,以分担一部分电压;电压表可以串联不同的电阻来扩大量程;有时为了防止负载中通过的电流过大,可以给负载串联一个限流电阻。

### 2. 并联电路

并联是将若干个同类或不同类的元件首首相接、尾尾相连,然后接到电路中的一种连接方式。并联电路如图1-3-4所示。并联电路中电流、电压和电阻的规律见表1-3-2。



◎图1-3-4 并联电路



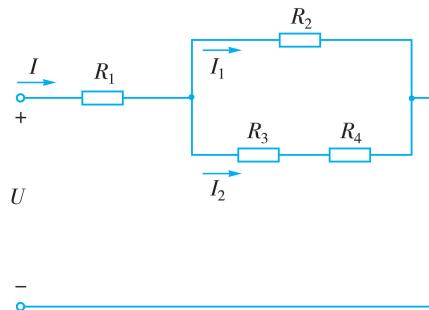
表 1-3-2 并联电路中电流、电压和电阻的规律

| 物理量 | 规律                      | 表达式   |
|-----|-------------------------|---|
| 电流  | 并联电路中通过干路的总电流等于各支路电流之和  | $I=I_1+I_2+I_3+\dots+I_n$   |
| 电压  | 并联电路中各支路两端的电压都相等        | $U_1=U_2=U_3=\dots=U_n$   |
| 电阻  | 并联电路中总电阻的倒数等于各支路的电阻倒数之和 | $\frac{1}{R}=\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}+\frac{1}{R_3}+\dots+\frac{1}{R_n}$ |

并联电路应用广泛,如汽车的起动机、刮水器、照明灯等工作电压相同的设备都采用并联接法。并联的电气设备能独立工作互不影响。另外,如果某一分支电阻值偏大,可以通过并联电阻的方式,使总电阻减小,以满足电路的需要。在电工测量中,经常在电流表的表头两端并联分流电阻,以扩大电流表的量程。

### 3. 混联电路

混联是指电路中既有串联又有并联的连接方式,在机床、混合动力系统等电路中常用。混联电路如图 1-3-5 所示。



◎图 1-3-5 混联电路

分析混联电路时,必须先厘清混联电路中各电阻之间的连接关系,然后应用串联、并联电路的规律,求出单纯的串联和并联部分的等效电阻,最后求出电路的总电阻。

### 学习资料 3 电路的三种状态

#### 1. 通路状态

如图 1-3-6 所示,开关 S 闭合后,电源与负载接通构成闭合回路,电路中有电流流过,并有能量的传输和转换,此时电路处于通路状态。

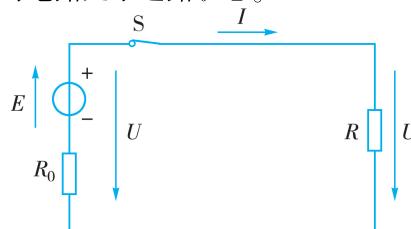
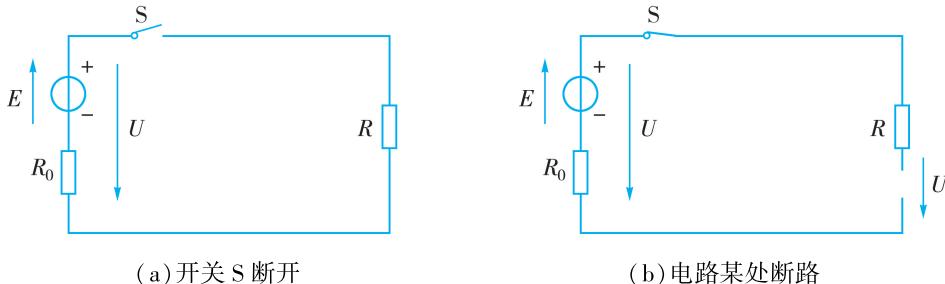


图 1-3-6 通路状态下的电路

## 2. 断路(开路)状态

如图1-3-7(a)所示,开关S断开后,电路不通,电路中没有电流,负载两端没有电压,此时电路处于断路(开路)状态。

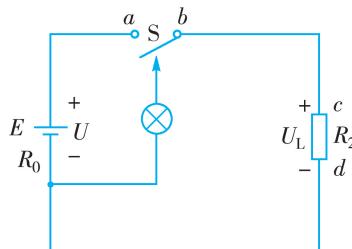
当电路的开关闭合,但其他某处断开时,电路也不通电,此时电路负载两端无电压降,在断点的两端之间可测得电源的端电压。如图1-3-7(b)所示。



◎图1-3-7 断路(开路)状态下的电路

断路可以分为控制性断路和故障性断路。控制性断路是根据需要利用开关将处于通路状态的电路断开。故障性断路是一种突发性的、意外的断路状态,例如在汽车电路中,电源与负载之间的导线松脱、负载与导体的金属部分接触不良都会引起断路故障。

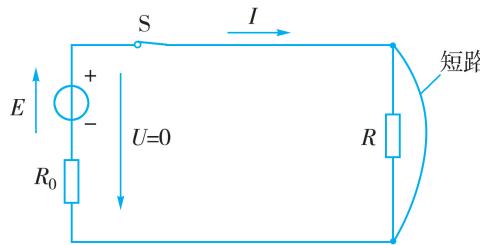
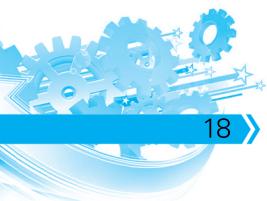
汽车电路发生断路故障时,常用试灯或数字万用表寻找电路的断路点。如图1-3-8所示,将试灯一端接在电源负极,另一端依次触及电路接线点a、b、c、d。如果试灯亮,说明此接线点至电源正极间无断路;如果试灯不亮,说明此接线点与前一接线点间有断路。用这种方法逐步缩小故障范围,直至找到断路点。使用数字万用表寻找电路的断路点同以上方法。



◎图1-3-8 用试灯寻找断路点

## 3. 短路状态

如图1-3-9所示,若外电路电阻R用导线代替,则电路中仅有电源内电阻 $R_0$ ,电路中的电流全部从导线流过,这时的电路处于短路状态。由于电源内电阻一般很小,所以短路电流比负载电流大得多。此时外电路电压为零,电源对外不输出功率。电源功率全部转换为内电阻的热能,导致温度迅速上升,可能烧毁电源,或使连接导线发热起火。在实际工作和生活中,不允许电路处于短路状态。为避免短路,汽车电路中一般安装有保险装置,如熔断器。



◎图 1-3-9 短路状态下的电路

发生短路事故时,应及时切断电路,否则将会引起剧烈发热,不仅损坏导线、电源和其他用电设备,严重时还会引起火灾。在实际应用中,一般都会在电路上加装熔断器,起短路保护作用。

短路在一般使用场合下是不允许的,但在检查、诊断汽车电路故障(如短路或断路)时,常用跨接线(也称 SST,是一段多股导线,它的两端分别接有不同形式的插头,起旁通电路的作用)来进行特定位置的测量。例如,某一电气部件不工作时,首先将跨接线连接在被测部件接线“-”端子与车身搭铁之间。若此时部件工作,说明其搭铁电路断路。若搭铁电路良好,将跨接线连接在蓄电池“+”极与被测部件“+”端子之间,如果此时部件工作,说明部件电源电路有故障(短路或断路);如果部件仍不工作,说明部件本身有故障,应予以更换。使用跨接线检测时,必须注意不可将跨接线错误地连接在被测部件“+”端子与搭铁之间。

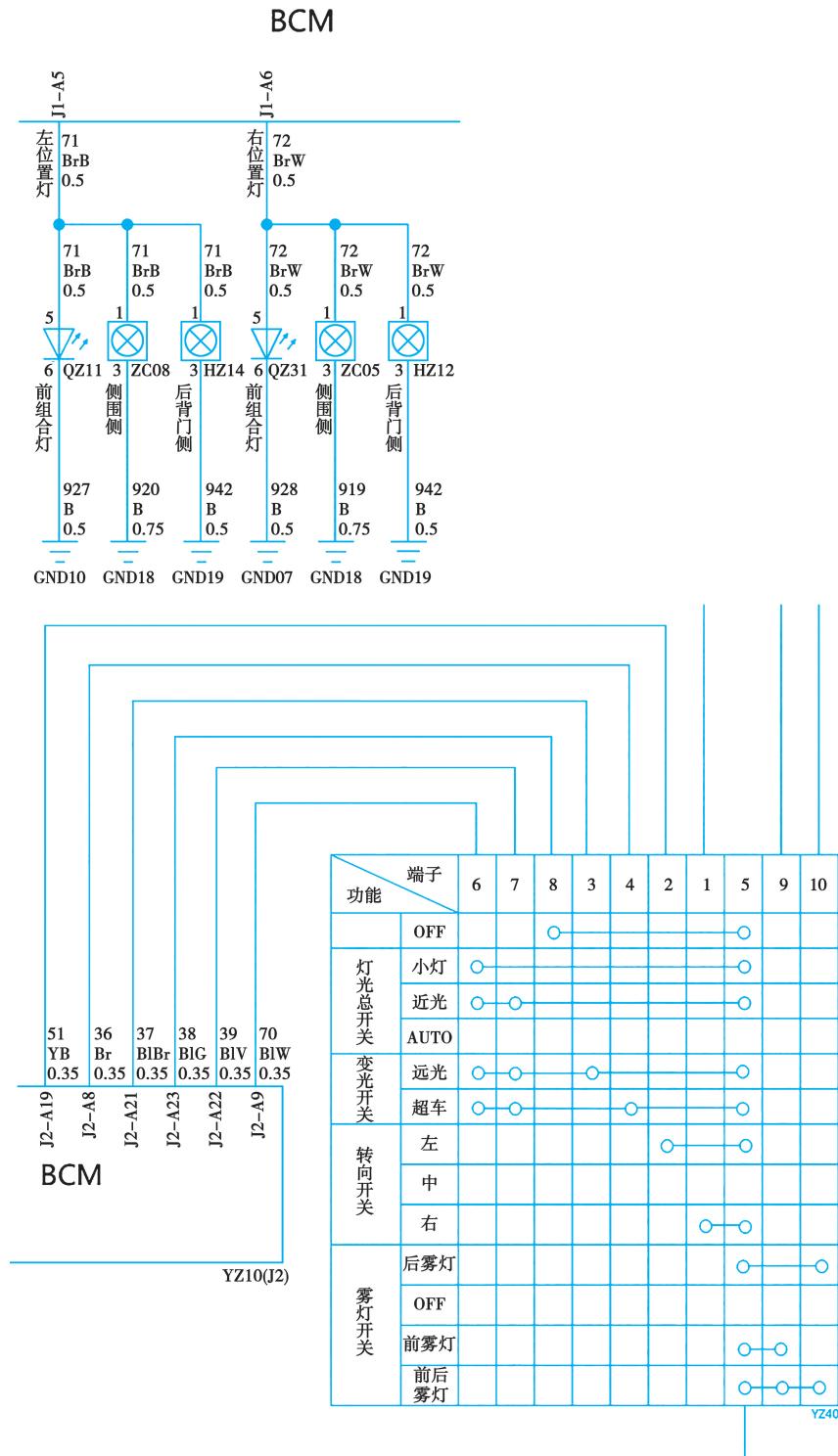


### 任务实施

哈弗 M6 左  
前示宽灯故  
障检修

#### 技能实训 哈弗 M6 左前示宽灯故障检修

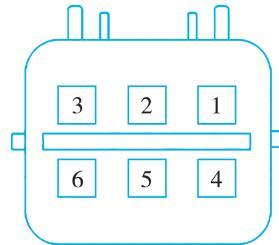
- 步骤 1: 车辆停放平稳并驻车可靠,打开车门,铺设驾驶室内部防护四件套。
- 步骤 2: 打开发动机舱盖,铺设发动机舱防护罩。
- 步骤 3: 查看电路图(图 1-3-10),找到示宽灯的线束,根据维修手册分析故障点是在线束还是在 LED 灯。



◎图 1-3-10 电路图



**步骤4:**断开左前组合灯线束连接器,线束接口如图 1-3-11 所示,打开组合开关,用数字万用表测量端子 6(示宽灯电源)和端子 5(搭铁)之间的电压。正常情况下,该电压值为蓄电池电压;本次测量该电压值小于 3 V,低于蓄电池电压,则需排查电源端到此处线路是否断路。



◎图 1-3-11 线束接口

**步骤5:**断开蓄电池负极,拆卸机舱格栅装饰板、前保险杠总成、翼子板装饰板,拆下 4 个螺栓,断开线束接插件。发现 6 号端子氧化严重并且端子松动虚接。

**步骤6:**清洁并修复受损端子,故障排除。

**步骤7:**恢复车辆,收回工具量具,注意 8S 管理要求。



通过查看电路图可知,哈弗 M6 示宽灯采用并联电路,各灯互不干扰,所以,即使左前示宽灯损坏,也不影响其他示宽灯工作。经过分析左前示宽灯不亮的主要原因是线束或 LED 灯损坏。经过测试线束端子 6 与 5 搭铁之间的电压过低,确定故障在 6 号端子,该端子氧化虚接,经清洁修复,故障排除。



## 汽车电路虚接

汽车电路虚接也叫汽车电路接触不良或汽车搭铁不良,指的是线路连接不牢靠,似接非接、似断非断。汽车电路虚接的主要原因包括:车主私自拆装、改动电路或改变安装位置,导致连接松动;汽车在不平路面行驶产生振动,导致接头松动、螺丝松动;生产工艺不当;某个电气部件长期使用后出现老化、剥离现象等。

汽车电路虚接的危害主要有三个方面。

### 1. 影响车辆正常运行

汽车电路虚接可能会导致车辆突然熄火,难以起动,中控失灵。在起动时,仪表盘显示灯不亮,起动机不响,按遥控器也没反应。

## 2. 造成电气部件故障

电路虚接会导致电流电压不稳定,影响电气部件的工作性能。例如发动机工况不稳、动力明显不足等。

## 3. 引发安全隐患

汽车电路虚接相当于在虚接点串联了一个电阻,如果虚接的电路是控制信号电路,会造成某个电气部件不能工作或者时好时坏;如果虚接的电路是电源电路,阻抗增大,会导致虚接处异常发热,轻者摸着烫手,重者发出线皮焦糊味,甚至冒烟自燃,这种情况是非常危险的。

# 任 务 4 基尔霍夫定律及汽车电路的特点

## 作业案例

一辆哈弗M6汽车的仪表显示发动机故障灯点亮,通过故障诊断仪读取故障码为P011800,故障代码定义:水温传感器信号电压过高。请你检测汽车水温传感器回路,找出相关原因。

## 知识准备

### 学习资料1 基尔霍夫定律

基尔霍夫定律既适用于直流电路,又适用于交流电路。它包括基尔霍夫电流定律和基尔霍夫电压定律两个定律。基尔霍夫电流定律应用于节点,基尔霍夫电压定律应用于回路。学习该定律前,先介绍电路的几个基本术语。

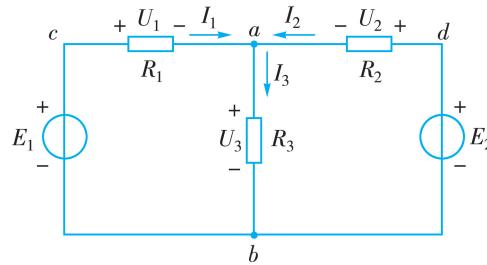
**支路:**电路中连接两个节点的一段无分支路径称为支路。一条支路可以包含一个或多个串联连接的元件。在同一支路内,流过所有元件的电流相等。如图1-4-1电路中有3条支路,分别是ab、acb、adb。其中,含有电源的支路称有源支路,不含电源的支路称无源支路。

**节点:**三条或三条以上支路的连接点称为节点。图1-4-1中共有2个节点,分别是节点a和节点b。

**回路:**由一条或多条支路组成的闭合路径称为回路。图1-4-1中共有3个回路,分别是abca、abda、adbca。

**网孔:**内部不包含任何其他支路的回路称为网孔。图1-4-1中共有2个网孔,分别是

abca、abda。



◎图 1-4-1 演示电路

### 1. 基尔霍夫电流定律(KCL)

基尔霍夫电流定律也称为基尔霍夫第一定律，内容是在任一瞬间，流入某一节点的电流之和等于流出该节点的电流之和。表达式为

$$\sum I_{\text{入}} = \sum I_{\text{出}}$$

如图 1-4-1，对于节点 a 有

$$I_3 = I_1 + I_2$$

将上式右边移至左边可写成

$$I_3 - I_1 - I_2 = 0$$

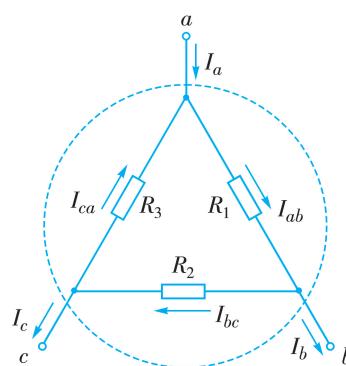
因此得到

$$\sum I = 0$$

可得出如果规定流入节点的电流为正，流出节点的电流为负，那么，在任一瞬间，流入和流出该节点的电流代数和恒等于零。

基尔霍夫电流定律不仅适用于节点，还适用于任一假设的闭合面(广义节点)。例如，假设把图 1-4-2 中虚线所围的闭合面看成是一个节点，基尔霍夫电流定律的表达式为

$$I_a = I_b + I_c$$



◎图 1-4-2 电路闭合面示意图

### 2. 基尔霍夫电压定律(KVL)

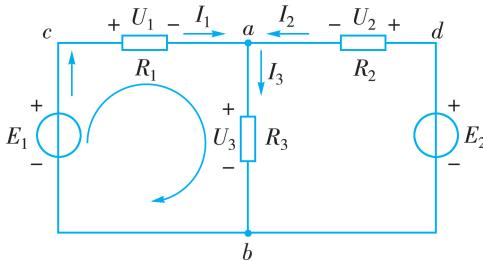
基尔霍夫电压定律也称为基尔霍夫第二定律，内容是在任一闭合回路中，沿某循环方向绕行一周，回路中各段电压的代数和等于零。其数学表达式为

$$\sum U = 0$$

其中,凡是与绕行方向一致的电压取正,反之取负。

图 1-4-3 中,对于回路  $abca$ ,按顺时针循环一周,根据电压和电流的参考方向可列出

$$R_1 I_1 + R_3 I_3 - E_1 = 0$$



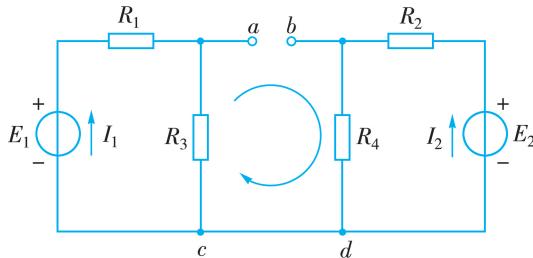
◎图 1-4-3 电路回路示意图

基尔霍夫电压定律不仅适用于电阻、电源等实际元件构成的回路,也适用于假想的回路。电路图 1-4-4 中  $a$ 、 $b$  两点间开路无电流,设其间电压为  $U_{ab}$ ,对假想回路  $abdca$ ,其循环方向为顺时针方向,列出电压方程

$$U_{ab} + R_4 I_2 - R_3 I_1 = 0$$

因此可求出

$$U_{ab} = R_3 I_1 - R_4 I_2$$

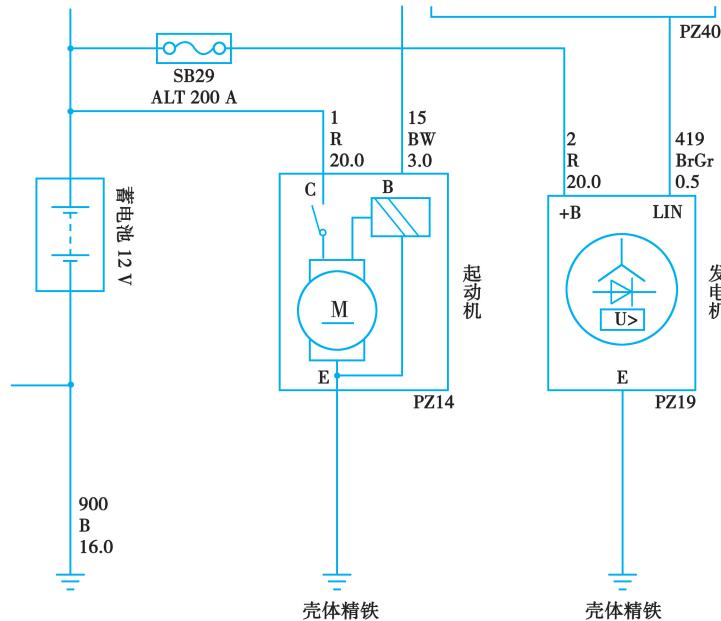


◎图 1-4-4 假想电路回路示意图

## 学习资料 2 汽车电路的特点

现代汽车电气系统包括车载电源和用电设备两大部分。其中,用电设备包括起动系统、点火系统、照明系统、信号装置、仪表和报警装置、辅助电气设备和汽车电子控制系统。随着汽车电子技术的不断发展,越来越多的电子设备将应用到汽车上,以提高汽车的安全性、舒适性和便利性。

根据电源性质的不同,电路分为直流电路和交流电路两类。日常生活和工业生产大多采用交流电路,汽车上采用直流电路。以哈弗 M6 的电源电路(如图 1-4-5 所示)为例来分析汽车电路的特点。



◎图 1-4-5 哈弗 M6 电源电路图

### 1. 两个电源

汽车上有两个电源,分别是蓄电池和发电机。

### 2. 低压直流

汽车上电气系统的额定电压主要有 12 V 和 24 V。汽油发电机普遍采用 12 V 电源,柴油发电机多采用 24 V 电源。汽车发动机是靠起动机起动的,起动机由蓄电池供电,而要向蓄电池充电,就必须采用直流电源,所以汽车电气系统为直流系统,哈弗 M6 蓄电池电压为 12 V。

### 3. 单线并联

在汽车上,为了节省导线和便于安装、维修,通常只用一根导线连接电源正极和用电器,另一根导线则由车架的金属部分代替而构成回路,这种连接方式称为单线制电路。现代汽车大多采用单线制,但在一些特殊情况下,为了保证电气系统的工作可靠性,需要采用双线制。汽车上的用电设备一般采用并联方式连接。

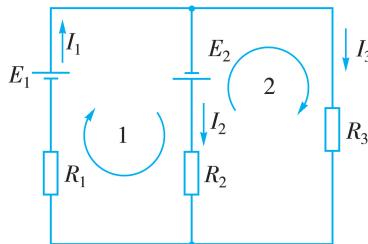
### 4. 负极搭铁

汽车上电路采用单线制,电源的负极端接到发动机或者车架上,称为搭铁,哈弗 M6 起动机壳体直接搭铁。

## 任务实施

### 技能实训 1 验证基尔霍夫定律

**步骤 1:** 识读、分析图 1-4-6 所示的电路图。



◎图 1-4-6 电路图

**步骤 2:** 按照图 1-4-6 连接电路。

**步骤 3:** 测量、记录并验证。

- ① 测量蓄电池电压  $E_1$ 、 $E_2$  的值并记录。
- ② 测量电阻  $R_1$ 、 $R_2$ 、 $R_3$  的值并记录。
- ③ 测量电流  $I_1$ 、 $I_2$ 、 $I_3$  的值并记录。
- ④ 根据基尔霍夫定律有

$$I_1 = I_2 + I_3, I_1 R_1 + I_2 R_2 = E_1 + E_2, I_3 R_3 - I_2 R_2 = -E_2$$

**步骤 4:** 整理工位, 注意 8S 管理要求。

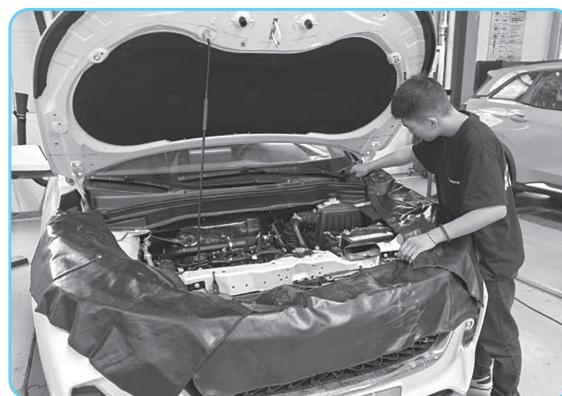
### 技能实训 2 哈弗 M6 发动机水温传感器故障检修



哈弗 M6 发动机水温传感器故障检修

**步骤 1:** 车辆停放平稳并驻车可靠。

**步骤 2:** 打开发动机舱盖, 铺设发动机舱防护罩。如图 1-4-7 所示。



◎图 1-4-7 铺设发动机舱防护罩



**步骤3:**找到诊断接口并连接故障诊断仪,打开点火开关,读取发动机故障码。如图1-4-8、1-4-9所示。

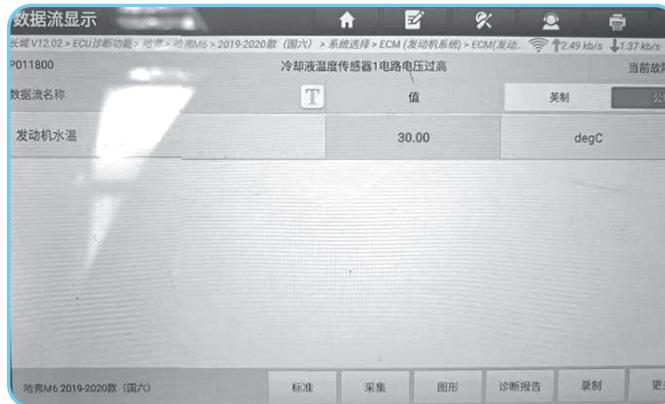


◎图 1-4-8 打开点火开关



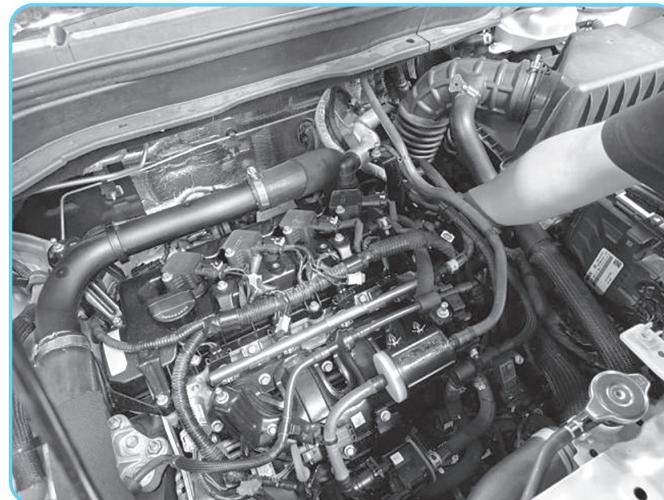
◎图 1-4-9 读取发动机故障码

**步骤4:**读取水温传感器数据。如图1-4-10所示。



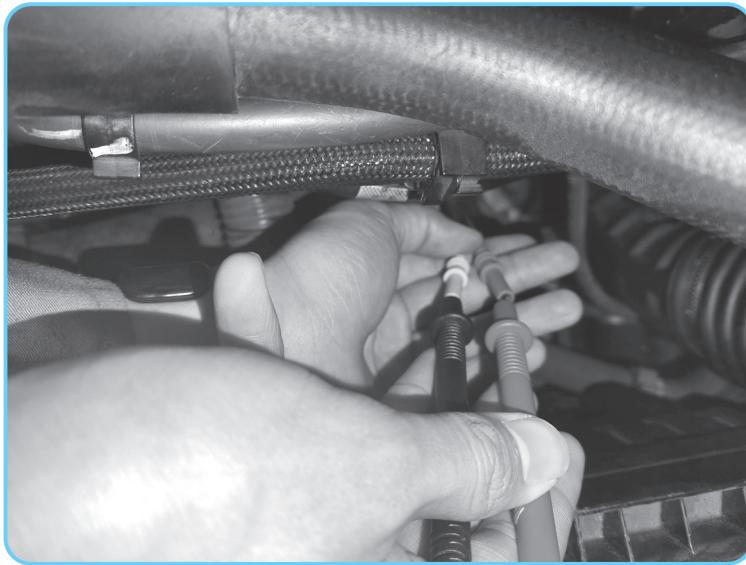
◎图 1-4-10 读取水温传感器数据

**步骤5:**关闭点火开关,检查水温传感器线束及搭铁。如图1-4-11所示。



◎图 1-4-11 检查水温传感器线束及搭铁

**步骤6:**就车检测水温传感器电阻,判断传感器是否正常。如图1-4-12所示。



◎图1-4-12 检测水温传感器电阻

**步骤7:**拆下水温传感器,再次检测水温传感器在不同温度下的电阻,如果不符合理标准,则更换水温传感器。

**步骤8:**打开点火开关,清除故障码,关闭点火开关,等待10~15s,再次打开点火开关,故障码不再出现,故障排除。

**步骤9:**恢复车辆,收回工具量具,注意8S管理要求。

### 案例分析

把点火开关置于“ON”位置,用故障诊断仪读取发动机故障码为P011800,无其他故障码。不起动发动机,观察水温传感器数据正常,用数字万用表测量水温传感器信号电路电压接近5V,检测正常。把点火开关置于“OFF”位置,检查接插件接插正常。经检测水温传感器信号电路不存在对电源短路或断路。经检查水温传感器参考地不存在断路。测量水温传感器电阻,电阻值为0Ω,确认水温传感器损坏。更换水温传感器后将点火开关置于“ON”位置,清除故障码,关闭点火开关,等待10~15s,再次打开点火开关,故障码没有出现,故障排除。