



任务一



认识电路组成与状态

任务要求

- ◎了解电路的组成和三种状态。
- ◎掌握汽车电路的特点及电路常用元件符号。

知识储备

一、电路组成与状态

1. 电路的组成

电流的通路称为电路。电路是为了某种需要由某些电工设备或元件按一定方式组合起来的。例如,手电筒电路模型如图 3-1 所示,它由电池、开关、电珠(灯泡)和导线组成。

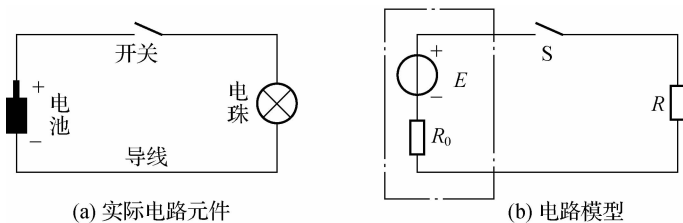


图 3-1 手电筒电路模型

汽车电路包括电源、负载、控制器和连接导线 4 部分。

(1)电源(供能元件):为电路提供电能的设备和器件。图 3-2 所示为常见的几种电源,包括蓄电池、手机用锂电池、干电池和笔记本用镍氢电池等。

(2)负载(耗能元件):消耗电能的设备和器件。图 3-3 所示为汽车灯泡。



图 3-2 电源



图 3-3 汽车灯泡

(3)控制器:控制电路工作状态的器件或设备,如开关等。图 3-4 所示为汽车仪表板开关,包括空调开关、收音机开关和指示灯开关等。

(4)连接导线:将电气设备和元器件按一定方式连接起来。图 3-5 所示为汽车导线。

2. 电路的状态

电路有通路(闭路)、开路(断路)和短路(捷路)3 种状态。

(1)通路(闭路):电源与负载接通,电路中有电流通过,使电气设备或元器件获得一定的电压和电功率,进行能量转换,如图 3-6 所示。

(2)开路(断路):电路中没有电流通过,即为开路状态,又称空载状态,如图 3-7 所示。

(3)短路(捷路):电源两端直接连接,输出电流过大对电源来说属于严重过载,若没有保护措施,电源或电器会被烧毁或发生火灾。图 3-8 中将灯泡正、负接线柱用一根导线连接,即使电路处于开路状态,由于灯泡被短路,也会造成电灯不亮的现象。



图 3-4 汽车仪表盘开关

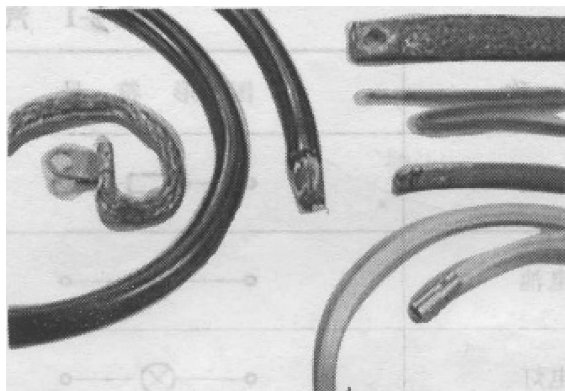


图 3-5 汽车导线

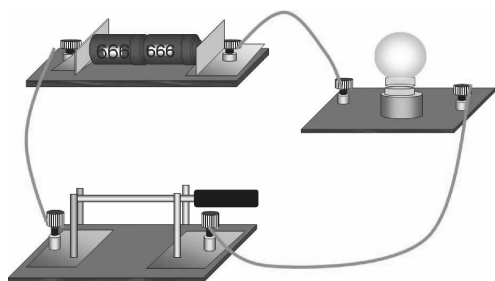


图 3-6 通路状态

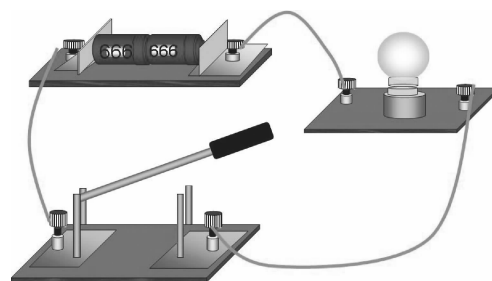


图 3-7 开路状态

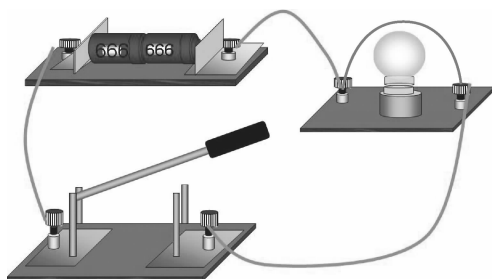


图 3-8 短路状态

二、电路图

电路常用电路图表示,设备或元件用国家统一规定的符号表示,如图 3-9 所示。

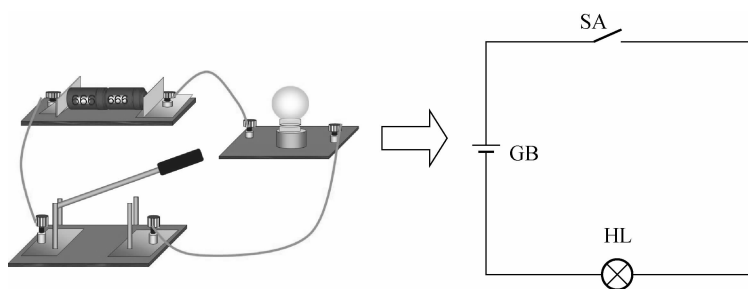


图 3-9 电路图

用统一规定的图形符号画出的电路模型图称为电路图。表 3-1 列举了几种汽车电路常用元件及符号。

表 3-1 汽车电路常用元件及符号

名称	图形符号	名称	图形符号
电阻		电压表	
电池		接地	
电灯		熔断器	
开关		电容	
电流表		电感	

三、汽车电路的特点

汽车电路的特点为低压、直流、并联单线和负搭铁。

(1) 低压: 电路额定电压主要有 12 V 和 24 V 两种。汽油机普遍采用 12 V 电源, 柴油机多采用 24 V 电源。

(2) 直流: 汽车电源由蓄电池供电, 为直流电流。

(3) 并联单线: 为节省导线和便于安装、维修, 汽车上电源和用电器之间只用一根导线连接, 另一根导线由发动机和车架等金属机体代替而构成回路, 这种方式称为单线制。由于单线制导线用量少, 线路清晰, 接线方便, 因而单线制为现代汽车所广泛应用。同时, 各用电设备均采用并联, 汽车上的两个电源之间及所有用电设备之间都是并联连接, 所以在汽车使用中, 当某一支路用电设备损坏时, 并不影响其他支路用电设备的正常工作。

(4) 负搭铁: 采用单线制时, 电源的一端必须可靠地接到车架上, 俗称搭铁, 用符号“⊥”表示。

按电源搭铁的极性可分为正极搭铁和负极搭铁。由于负极搭铁对车架或车身金属的化学腐蚀较轻, 对无线电干扰较小, 因而大多数国家(包括我国)的汽车都采用负极搭铁。

四、照明灯电路的制作

1. 照明灯电路制作需要的器材

照明灯电路制作需要的器材包括蓄电池或稳压电源 1 台、汽车顶灯 1 套、万用表 1 台、

开关 1 只、常用电工工具 1 套和导线若干。

2. 学习目标

- (1) 学会照明灯电路的制作。
- (2) 学会识别汽车电路的四大部分。
- (3) 学会操作中注意环境保护和人身安全的措施。

3. 制作照明灯电路的操作步骤

(1) 正确选取组成电路的实习器件。

① 写出图 3-10 中各部分元件的名称。

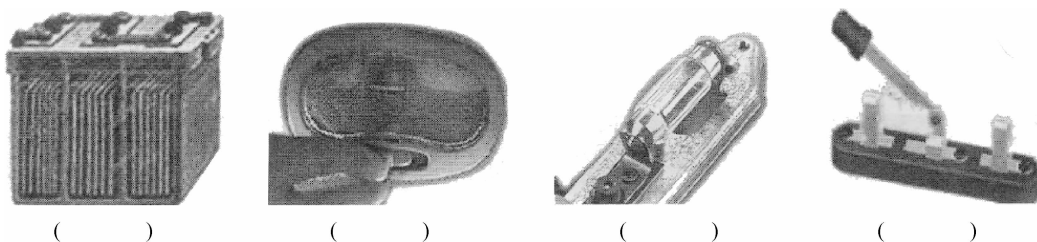


图 3-10 常见元件

② 用万用表检测元件好坏。

蓄电池电压为(), 负载灯的电阻值为(), 开关是否正常()。

(2) 电路的安装。

① 把蓄电池、顶灯、开关按需要位置放置。

② 从蓄电池正极开始, 依次接上导线, 如图 3-11 和图 3-12 所示。

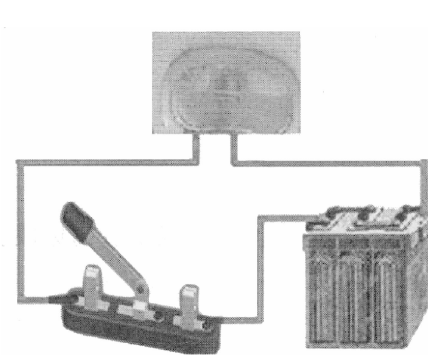


图 3-11 连接导线

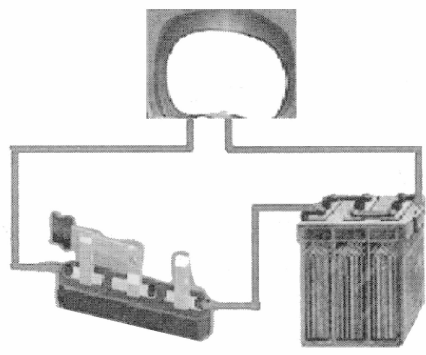


图 3-12 闭合电路——灯亮

(3) 通电试验。通电试验的步骤如下:

- ① 闭合开关, 顶灯应亮。
- ② 断开开关, 顶灯应灭。

4. 实验思考题

- (1) 图 3-13 所示电路中标示的元件各为电路的哪个组成部分?
- (2) 若图中控制开关闭合, 则用电设备处在什么状态?

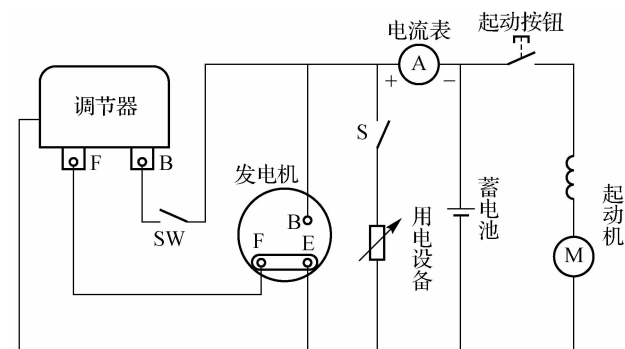


图 3-13 简单电路图

任务二



了解电路的基本定律

任务要求

- ◎了解电路的基本定律。
- ◎掌握电路分析中常用的定律。

知识储备

汽车电路中经常要进行一些物理量的计算,会遇到一些基本的电路定律与电路特点等知识。

一、电路中的基本物理量

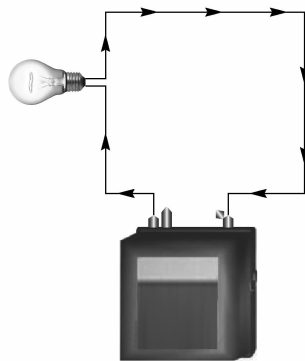
1. 电流

水从高处流下形成水流,水位差是形成水流的原因,而电位差是形成电流的原因。

图 3-14所示为水流与电流形成示意图。



(a) 水流的形成



(b) 电流的形成

图 3-14 水流和电流形成示意图

(1) 电流的定义。电荷的定向运动称为电流,如图 3-15 所示。

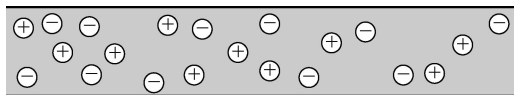


图 3-15 电流

(2) 电流的方向。正电荷移动的方向为电流的方向,与电子的移动方向相反,如图 3-16 所示。

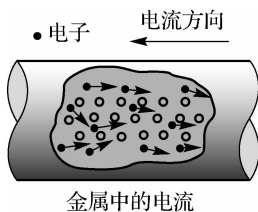


图 3-16 电流的方向

(3) 电流的大小。电流等于 1 s 内通过导体横截面的电荷量,用字母 I 表示。

$$\text{电流} = \frac{\text{电量}}{\text{时间}}$$

即

$$I = \frac{Q}{t}$$

电量的单位是库仑(C),时间的单位是秒(s),电流的单位是安培(A)。电流常用的单位还有 kA、mA 和 μA ,换算关系为

$$1 \text{ kA} = 1\,000 \text{ A} \quad 1 \text{ A} = 1\,000 \text{ mA} \quad 1 \text{ mA} = 1\,000 \mu\text{A}$$

(4) 电流的种类。电流分为直流和交流。

① 直流。大小和方向都不随时间变化的电流称为直流电流(DC),用 I 表示,其波形如图 3-17 所示。

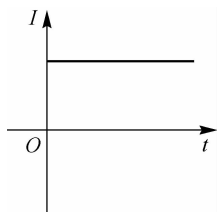


图 3-17 直流波形

② 交流。大小和方向都随时间变化的电流称为交流电流(AC),用 i 表示,其波形如图 3-18 所示。

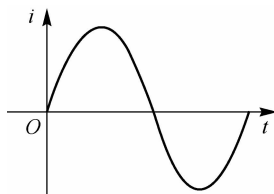


图 3-18 交流波形

2. 电压

(1) 电压的定义。电路中两点之间的电位差称为电压,用 U 或 u 表示。

(2) 电压的方向表示。

①箭头表示法:以电流的流向表示,如图 3-19(a)所示。

②极性符号表示法:用+、-标出,如图 3-19(b)所示。

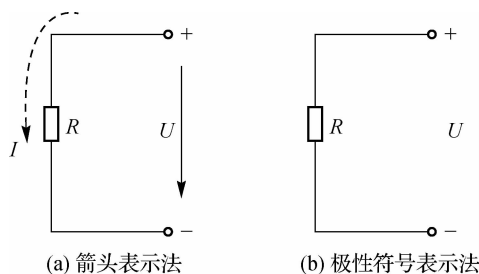


图 3-19 电压的方向

(3)电压的大小。电场力把 1 C 电量的正电荷从 a 点移到 b 点,如果所做的功为 1 J,那么 a 、 b 两点间的电压就是 1 V,单位为伏特,简称伏,用符号 V 表示。电压常用的单位还有 kV、mV,换算关系为

$$1 \text{ kV} = 1\,000 \text{ V} \quad 1 \text{ V} = 1\,000 \text{ mV} \quad 1 \text{ mV} = 1\,000 \mu\text{V}$$

3. 电位

在电路中任选一点作为参考点,电路中某点到参考点的电压称为该点(相对于参考点)的电位,用 V 表示,单位也是伏特(V)。参考点的电位规定为零,若选 O 点为参考点,则 $V_O = 0 \text{ V}$ 。设 a 点电位可表示为 $V_a = U_{aO}$, b 点电位可表示为 $V_b = U_{bO}$, 则

$$U_{ab} = V_a - V_b$$

因此,电路中 a 、 b 两点间的电压就是两点的电位之差。电压的实际方向由高电位点指向低电位点,常将电压称为电压降。

4. 参考方向

在一段电路或一个电路元件中事先选定的一个电流方向称为电流的参考方向,参考方向可以任意选定,如图 3-20 所示。当电流的实际方向与选定的参考方向一致时,电流为正值,即 $i > 0$;当电流的实际方向与选定的参考方向不一致时,电流为负值,即 $i < 0$ 。

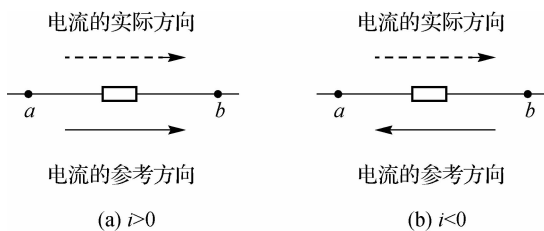


图 3-20 电流的参考方向与实际方向

与电流一样,对元件或电路中两点之间,可以任意选定一个方向为电压的参考方向。电压的参考方向一般用双下标或参考极性表示,如图 3-21 所示。参考极性用“+”表示高电位端(正极),用“-”表示低电位端(负极),由正极指向负极的方向就是电压的参考方向。在选定参考极性下,若电压值为正,则表示电压的实际极性与参考极性相同;若电压值为负,则表示电压的实际极性与参考极性相反。

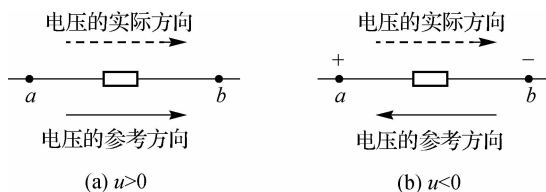


图 3-21 电压的参考方向与实际方向

分析电路时首先必须规定电流和电压的参考方向,若未按规定参考方向,则电流和电压数值的正负是无意义的。电流和电压的实际方向是客观存在的,参考方向却可以任意选定。

如图 3-22 所示,在实际分析中为了方便起见,对一段电路或一个电路元件,通常选定电压和电流的参考方向一致,即选定电流从标电压“+”极的一端流入,从标电压“-”极的一端流出,这种参考方向称为关联参考方向。

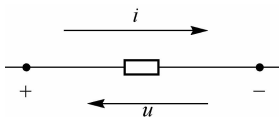


图 3-22 电流与电压的关联参考方向

5. 电阻

(1)电阻的定义。导体对电流的阻碍作用称为电阻,用符号 R 表示。常见的电阻有固定电阻和可调电阻两种,如图 3-23 所示。



图 3-23 电阻

(2)电阻的大小。长度为 1 m 、截面为 1 m^2 的导体,电阻率 ρ 为 $1\ \Omega \cdot \text{m}$,则电阻值为 $1\ \Omega$,称为 1 欧姆。电阻的单位为 Ω (欧姆),电阻常用的单位还有 $\text{k}\Omega$ 、 $\text{M}\Omega$,换算关系为

$$1\ \text{k}\Omega = 1\ 000\ \Omega \quad 1\ \text{M}\Omega = 1\ 000\ \text{k}\Omega$$

(3)电阻与电阻率的关系式为

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

式中, R 为导线的电阻, Ω ; l 为导体的长度, m ; ρ 为电阻率, $\Omega \cdot \text{m}$; S 为导线的横截面积, m^2 。

纯金属的电阻率很小,绝缘体的电阻率很大。银是最好的导体,但价格较贵,从而很少采用,目前电气设备中常采用导电性能良好的铜、铝作为导线。

【例 1】 绕制 $10\ \Omega$ 的电阻,需要直径为 $1\ \text{mm}$ 的康铜丝多少米?

解:

$$S = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{3.14 \times (1 \times 10^{-3})^2}{4} \text{m}^2 = 7.85 \times 10^{-7} \text{m}^2$$

查表可知 20 °C 时康铜的电阻率为

$$\rho = 5 \times 10^{-7} \Omega \cdot \text{m}$$

由 $R = \rho l / S$, 得

$$l = \frac{RS}{\rho} = \frac{10 \times 7.85 \times 10^{-7}}{5 \times 10^{-7}} = 15.7 \text{m}$$

二、欧姆定律

1. 部分电路欧姆定律

在不含电源的电路中,如图 3-24 所示,流过导体的电流与这段导体两端的电压成正比,与导体的电阻成反比,即

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

式中, I 为导体中的电流, A; U 为导体两端的电压, V; R 为导体的电阻, Ω 。

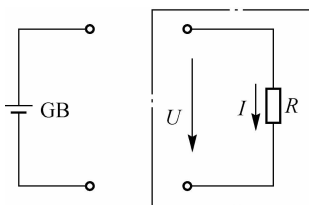


图 3-24 部分电路

2. 全电路欧姆定律

在包含电源的全电路中,如图 3-25 所示,电流强度与电源的电动势成正比,与整个电路的内、外电阻之和成反比,即

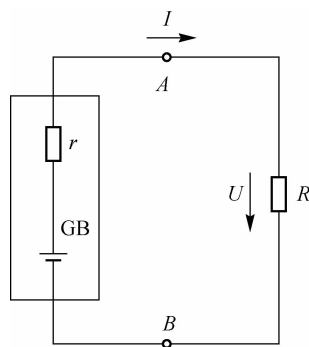


图 3-25 全电路

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

式中, E 为电源的电动势, V; R 为外电路(负载)电阻, Ω ; r 为内电路电阻, Ω ; I 为电路中的电

流, A。

由此可得

$$E = IR + Ir = U_{\text{外}} + U_{\text{内}}$$

式中, $U_{\text{外}}$ 为电源向外电路输出的电压, 称为电源端电压, V; $U_{\text{内}}$ 为电源内阻的电压降, V。

三、焦耳定律

电流通过导体时会产生热量, 这种现象称为电热效应。英国物理学家焦耳通过实验证明: 电流通过导体时产生的热量 Q 与电流 I 的平方、导体的电阻 R 及通电时间 t 成正比, 即

$$Q = I^2 R t$$

式中, I 的单位为安培, A; R 的单位为欧姆, Ω ; t 的单位为秒, s; Q 的单位为焦耳, J。该定律被称为焦耳定律。

四、电功率的计算

(1) 电功率的定义。电流在单位时间内所做的功称为功率, 用符号 P 表示。

(2) 电功率的公式。电功率的公式为

$$P = W/t = IU$$

式中, P 的单位为瓦特, W; W 的单位为焦耳, J; t 的单位为秒, s; I 的单位为安培, A; U 的单位为伏特, V。

(3) 电功率的单位换算。

$$1 \text{ kW} = 1\,000 \text{ W}$$

1 度的意义(1 千瓦时)为: 1 kW 的用电器 1 h 所消耗的电能为 1 kW · h。

(4) 额定功率。额定功率指用电器正常工作时的功率。直流条件下, 它的值为

$$P_{\text{额}} = U_{\text{额}} I_{\text{额}}$$

若用电器的实际功率大于额定功率, 则用电器可能会损坏; 若实际功率小于额定功率, 则用电器可能无法正常工作。

五、电能

在直流电路中, 电路消耗的电能 $W = Pt$, 电能单位为焦耳(J)。

在任一瞬间, 一个电路中吸取电能的各个元件功率总和等于发出电能的各个元件功率的总和, 这就是电路的功率平衡。

六、基本定律的运用

1. 需用器材

1 只 50 W/12 V 前照灯, 规格为 10 A、20 A、30 A 的熔断器各 1 个, 万用表 1 台, 常用电工工具 1 套, 导线若干等。

2. 学习目标

- (1) 学会照明灯电阻值和人体电阻等的估算。
- (2) 学会汽车用电器的功率、电流的估算。

- (3)学会熔断器电流值的识别等。
 (4)学会操作中注意环境保护和人身安全。

3. 操作步骤

(1)常用电阻值估算。

①人体电阻的估算。

【例 2】 以通过人体电流不超过 30 mA 为极限,安全电压为 30~36 V,那么人体电阻是多少呢?

解:根据欧姆定律

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

得

$$R = \frac{U}{I} = \frac{30}{0.030} \Omega = 1\ 000 \Omega$$

$$R = \frac{U}{I} = \frac{36}{0.030} \Omega = 1\ 200 \Omega$$

因此,人体电阻应为 1 000~1 200 Ω 。

②蓄电池内阻的估算。

【例 3】 如图 3-26 所示,已知蓄电池的电动势 $E=12\text{ V}$,外电阻 $R=0.3\ \Omega$,电路 $I=30\text{ A}$,那么内阻 r 为多大?

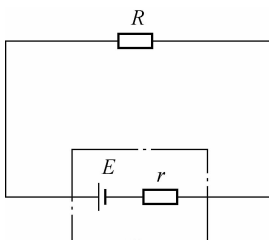


图 3-26 内阻电路

解:根据全电路欧姆定律

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

得

$$r = \frac{E}{I} - R = \left(\frac{12}{30} - 0.3 \right) \Omega = 0.1 \Omega$$

因此,蓄电池的内阻为 0.1 Ω 。

(2)用电器正常工作时流过电流的估算。

①从用电器上的标号估算。

【例 4】 现有一个汽车前照灯,如图 3-27 所示,灯上标有 50 W 12 V 字样。请估算一下这只灯的灯丝电阻值为多少?若该灯在 12 V 电压下工作,则流过的电流是多大?

解:根据电功率公式

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

可得

$$R = \frac{U^2}{P} \text{ 和 } I = \frac{P}{U}$$

代入数值得

$$R = \frac{U^2}{P} = \frac{12^2}{50} \Omega = 2.88 \Omega$$

$$I = \frac{P}{U} = \frac{50}{12} \text{ A} \approx 4.17 \text{ A}$$

因此,前照灯灯丝电阻约为 2.88Ω ,正常工作时流过的电流约为 4.17 A 。



图 3-27 汽车前照灯

②正确选取电路熔断器。根据电热效应原理,汽车上应用不同电流的熔断器。在熔断器上标有允许流过的额定电流值,以做选用。

例如,例 4 中 1 个 55 W 大灯流过 4.17 A 的电流,若同时开 4 个灯,则须选取图 3-28 所示的车用熔断器。



图 3-28 车用熔断器

任务三



检修汽车短路、断路与高电阻故障

一、额定工作状态

在图 3-29 所示的电路中,若开关闭合,则电源向负载 R_L 提供电流,负载 R_L 处于额定工作状态,这时电路有以下特征:

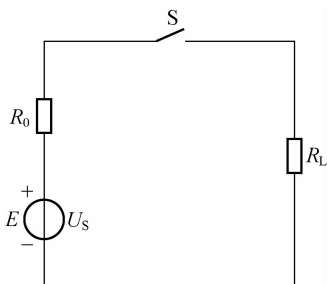


图 3-29 电路的有载与空载

(1)电路中的电流为

$$I = \frac{U_s}{R_0 + R_L}$$

式中,当 U_s 与 R_0 一定时, I 的值取决于 R_L 的大小。

(2)电源的端电压等于负载两端的电压(忽略线路上的电压降),即

$$U_L = U_s - R_0 I$$

(3)电源输出的功率等于负载所消耗的功率(不计线路上的损失),即

$$P_L = U_L I = (U_s - R_0 I) I = U_s I - R_0 I^2$$

二、空载状态

在图 3-29 所示的电路中,若开关断开或连接导线断路,则电路处于开路状态,称为空载状态。电路在空载时,外电路的电阻可视为无穷大。因此,电路具有以下特征:

(1)电路中的电流为零,即

$$I = 0$$

(2)电源的端电压为开路电压 U_0 ,并且有

$$U_L = U_0 = U_s - R_0 I = U_s$$

(3)电源对外电路不输出电流,因而有

$$P_L = 0$$

三、短路状态

在图 3-29 所示的电路中,电源的两输出端线因绝缘损坏或操作不当,导致两端线相接

触,电源被直接短路,称为短路状态。

当电源被短路时,外电路的电阻可视为零。因此,电路具有如下特征:

(1)电源中的电流最大,但对外电路的输出电流接近为零,即

$$I = I_s = \frac{U_s}{R_0}$$

式中, I_s 称为短路电流。因为一般电源的内阻 R_0 很小,所以 I_s 很大。

(2)电源和负载的端电压均为零,即

$$U_L = 0$$

上式表明,电源的恒定电压全部降落在内阻上,两者的大小相等,方向相反,因而无输出电压。

(3)电源输出的功率全部消耗在内阻上,因此,电源的输出功率和负载所消耗的功率均为零,即

$$P_L = 0$$

$$P_s = \frac{U_s^2}{R_0} = R_0 I_s^2$$

四、汽车电路中的短路、断路与高电阻

1. 短路

(1)接地短路。接地短路是指电路未经过负载提前接地的一种故障现象。大部分接地短路故障是由于导线或电路元件的绝缘层破裂接地造成的。如图 3-30 所示,开关和灯泡之间的导线绝缘层破损导致接地短路,电流没有通过灯泡而直接返回接地端,导致灯泡不亮,电路中的电流升高,熔丝或其他电路保护装置断开。若电路没有保护装置,还会引起线路或其他部件烧毁。

图 3-31 所示为另一种形式的接地短路故障。电路在灯泡和开关之前接地,导致灯泡不亮,且开关无法控制电路,熔丝也会马上烧断。若电路没有保护装置,还有可能会烧毁电源。若出现这种情况,即使更换了熔丝,接通电路后,仍然会再次烧断熔丝。

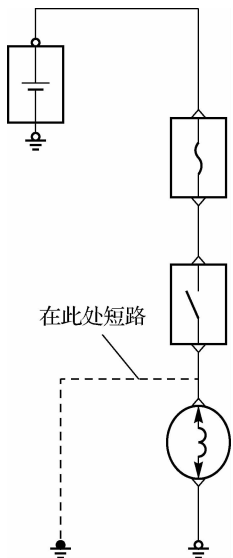


图 3-30 从控制开关后面接地短路

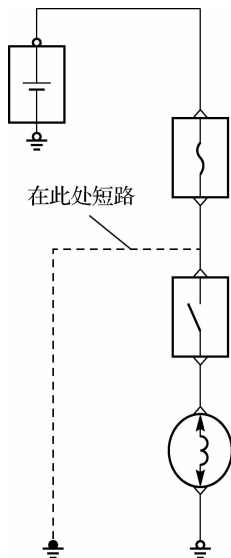


图 3-31 从控制开关前面接地短路

(2)电源短路。在汽车电路故障中,还有一种短路形式是电源短路,通常是一个电路的两个独立分支因导线绝缘层破损而相互连接,如图 3-32 和图 3-33 所示。

电源短路一般会导致电路不能正常工作或反应异常甚至烧毁。如图 3-32 所示,两个独立的支路在开关前面短路,会使两个电路都不能单独控制,任何一个开关都可以同时控制这两个电路。如图 3-33 所示,一个电路灯泡前面的导线和一个电路灯泡和开关之间的导线短接,造成右边的电路失效,而左边的电路正常。因此,遇到短路故障,要具体情况具体分析,不能一概而论,要根据故障的详细情况,参照电路图并利用检测工具正确判断。

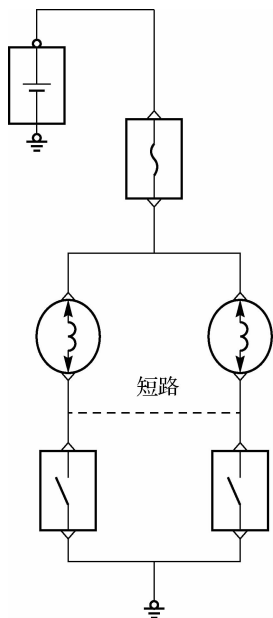


图 3-32 电源短路故障 1

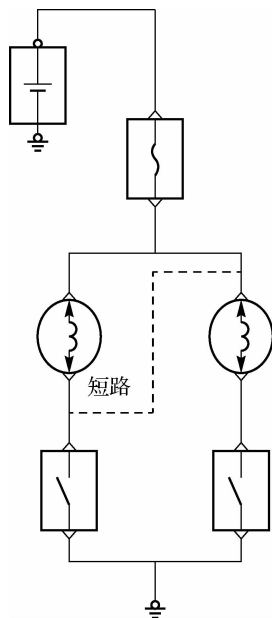


图 3-33 电源短路故障 2

2. 断路

断路是一种不连续的、有中断的电路故障。电气部件接触不良就是一种轻微的断路现象。电路中的任何一部分出现问题都有可能导致断路,如导线断裂、电路部件烧毁和接头松动等。

(1)串联电路中的断路故障。如图 3-34 所示,串联电路中出现断路故障,导致整个电路都不导通。在汽车电路发生断路故障时,通常用试灯或万用表(直流电压挡)去寻找电路的断路点,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 。若灯亮,则说明此接线点至电源正极间无断路;若灯不亮,则说明此接线点与前一接线点间有断路。用这种办法逐步缩小查找范围,直至找到断路点。

(2)并联电路中的断路故障。在并联电路中出现断路故障比较复杂,如图 3-35 所示。若在并联电路的主电路或接地电路中出现断路,则结果和串联电路中出现断路相同,整个电路都会失效。若在并联电路的某个支路中出现断路,则只有这个出现断路的支路受到影响,

其他支路还可以正常导通。

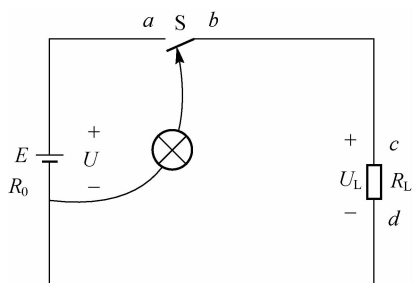


图 3-34 串联电路断路

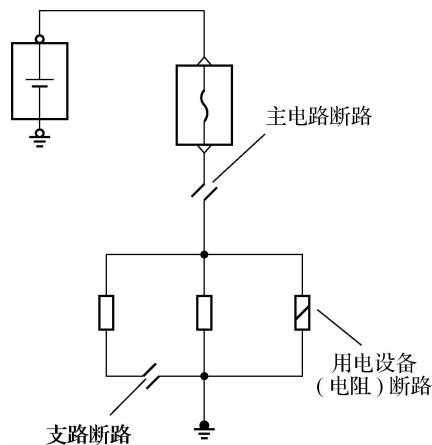


图 3-35 并联电路断路

3. 高电阻

高电阻现象在汽车电路中经常出现，高电阻会引起整个电路或某个器件断断续续地导通或电路中电流过低。例如，灯泡闪烁或亮度降低，就有可能是高电阻引起的。电路连接不良、松动或接头不干净都有可能引起高电阻。

汽车的工作环境比较恶劣，如高速、高温、寒冷、颠簸、腐蚀等，都会引起电路故障。因此，在日常行车过程中要经常检查和保养电气系统。若发现电气部件有异常或导线破裂、扭结、松动等，应及时检修。

任务四



检测汽车串、并联电路

一、电阻的串联

图 3-36 所示为电阻串联及其等效电阻。串联电路的特点如下：

(1) 流过各电阻中的电流相等，即

$$I = I_1 = I_2$$

(2) 电路的总电压等于各电阻两端的电压之和，即

$$U = U_1 + U_2$$

由此可得，电路取用的总功率等于各电阻取用的功率之和，即

$$IU = IU_1 + IU_2$$

(3) 电路的总电阻等于各电阻之和，即

$$R = R_1 + R_2$$

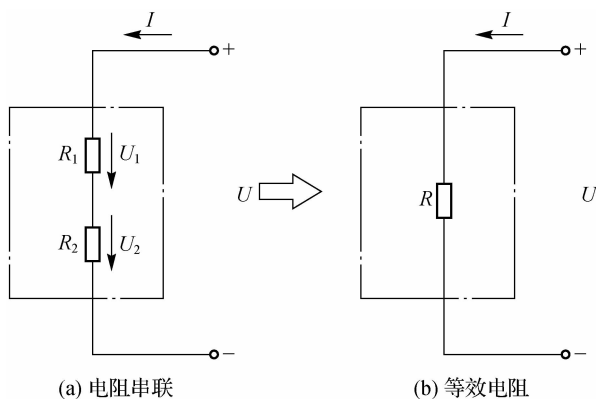


图 3-36 电阻串联及其等效电阻

(4) 电路中每个电阻的端电压与电阻值成正比, 即

$$U_1 = \frac{R_1}{R} U, U_2 = \frac{R_2}{R} U$$

(5) 串联电阻电路消耗的总功率 P 等于各串联电阻消耗的功率之和, 即

$$P = \sum_{i=1}^n P_i = P_1 + P_2 + \dots + P_n = I^2 R_1 + I^2 R_2 + \dots + I^2 R_n$$

二、电阻的并联

图 3-37 所示为电阻并联及其等效电阻。

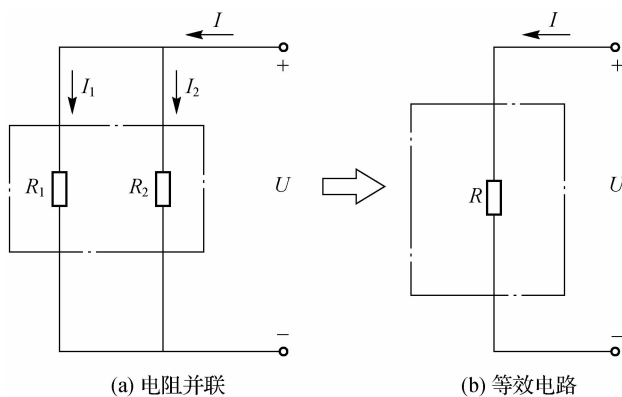


图 3-37 电阻并联及其等效电阻

并联电路的特点如下:

(1) 各并联电阻的端电压相等, 为电路两端的电压, 即

$$U = U_1 = U_2$$

(2) 并联电路中的总电流等于各电阻中流过的电流之和, 即

$$I = I_1 + I_2$$

(3) 并联电路的总电阻的倒数等于各并联电阻的倒数之和, 即

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

变换为

$$R = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

(4)在并联电路中,流过各电阻的电流与其电阻值成反比,阻值越大的电阻分到的电流越小,各支路的分流关系为

$$I_1 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} I, I_2 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} I$$

可见,在电路中,通过并联电阻能达到分流的目的。

(5)并联电阻电路消耗的总功率等于各电阻上消耗的功率之和,即

$$P = \sum_{i=1}^n P_i = P_1 + P_2 + \cdots + P_n = \frac{U^2}{R_1} + \frac{U^2}{R_2} + \cdots + \frac{U^2}{R_n}$$

可见,各并联电阻消耗的功率与其电阻值成反比。

三、串、并联电路的应用

1. 串联电路的应用

(1)用于降压。当某个用电器的额定电压低于电源电压时,可在电路上串联一个适当电阻(降压电阻),根据串联电路的分压作用,使用电器分得的电压为额定电压。例如,电压表为扩大量程需用电阻与表头串联,串联电阻起降压作用。

注意:与负载相串联的电阻,其实际电功率不应超过它的额定功率。

(2)用电位器改变输出电压。汽车电路系统中许多传感器是用电位器的分压工作原理制成的。节气门位置传感器的电路如图 3-38 所示,电位器 A 和 B 接电源正、负极,滑动触点 O 和固定端 B 为输出电压。当滑动触点在外力作用下滑动时,改变了两部分电阻的比例关系,从而得到不同的输出电压。当滑动触点从节气门关闭状态移动到节气门完全打开状态时,VTA 输出电压从最小值线性变为最大值。

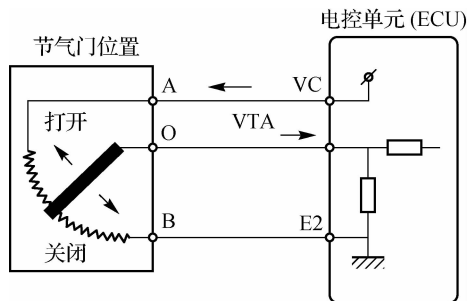


图 3-38 节气门位置传感器的电路

(3)用于控制负载电流。负载的工作状况与电流大小有直接关系,如直流电动机的转速与电流大小有关。

鼓风机用于促使车内冷气、暖气、除霜和通风的气流流动,采用的电动机通常为永磁式单速电动机,大多数均安装在暖风机总成内。鼓风机开关位于仪表板上,开关通过控制调速

电阻来控制电动机转速,鼓风机电动机的工作电路如图 3-39 所示。

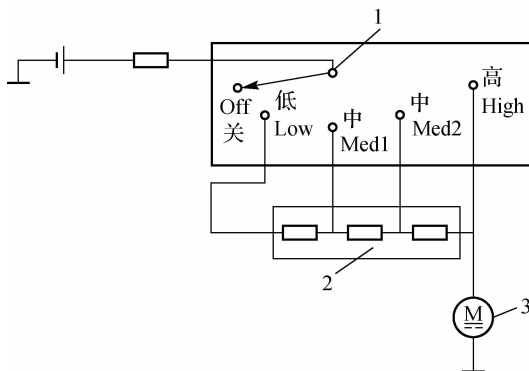


图 3-39 鼓风机电动机的工作电路

1—鼓风机开关；2—调速电阻总成；3—鼓风机电动机

鼓风机电动机的工作原理为:当鼓风机开关依次置于低速(Low)、中速 1(Med1)、中速 2(Med2)和高速(High)挡时,电路中所串联的电阻值越来越小。电阻值的变化改变了鼓风机电动机的工作电压。由于鼓风机电动机是单速电动机,工作电流越大,转速越高,因而串联的电阻越小,鼓风机电动机的工作电流越大,转速越高。

2. 并联电路的应用

(1)工作电压相同的负载都采用并联接法。对于供电线路中的负载,一般都采用并联接法,负载并联时各负载自成一个支路,如果供电电压一定,各负载工作时相互不影响,那么某个支路电阻值的改变,只会使本支路和供电线路的电流变化,而不影响其他支路。例如,汽车上的用电器,如扬声器、照明灯、电动机等,都是并联接在直流电源上的,各个电器能单独工作、互不影响。

(2)利用电阻的并联来降低电阻值。例如,将两个 $1\ 000\ \Omega$ 的电阻并联使用,其电阻值则为 $500\ \Omega$ 。

(3)在电工测量中,常用并联电阻的方法来扩大电流表量程。

四、惠斯通电桥电路

1. 惠斯通电桥电路的工作原理

惠斯通电桥电路的工作原理如图 3-40 所示。标准电阻 R_0 、 R_1 、 R_2 和待测电阻 R_x 连成四边形,每一条边称为电桥的一个臂。在对角 A 和 C 之间接电源 E,在对角 B 和 D 之间接检流计 G。因此,电桥由 4 个臂、电源和检流计三部分组成。当开关 S_E 和 S_G 接通后,各条支路中均有电流通过,检流计支路起到了沟通 ABC 和 ADC 两条支路的作用,犹如一座桥,称为电桥。适当调节 R_0 、 R_1 和 R_2 的大小,可以使桥上没有电流通过,即通过检流计的电流 $I_G=0$,这时,B、D 两点的电势相等,电桥的这种状态称为平衡状态。这时,A、B 之间的电势差等于 A、D 之间的电势差,B、C 之间的电势差等于 D、C 之间的电势差。设 ABC 支路和 ADC 支路中的电流分别为 I_1 和 I_2 ,由欧姆定律得

$$I_1 R_x = I_2 R_1$$

$$I_1 R_0 = I_2 R_2$$

两式相除,得

$$\frac{R_x}{R_0} = \frac{R_1}{R_2}$$

上式称为电桥的平衡条件,即待测电阻 R_x 等于 R_1/R_2 与 R_0 的乘积。 R_1/R_2 称为比率臂, R_0 称为比较臂。

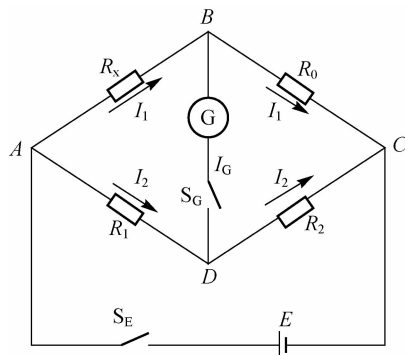


图 3-40 惠斯通电桥电路的工作原理

2. 热线式空气流量传感器

热线式空气流量传感器的结构和工作原理如图 3-41 所示。

热线式空气流量传感器用的是感知空气流量的白金热线。在进气管内有一个小管,小管中架有一根极细的铂丝(直径约为 0.07 mm),铂丝被电流加热至 120 °C 左右,呈现白色,故称为白金热线。在传感器内部电路中,热线是惠斯通电桥电路的一个臂 R_H ,由于进气温度的变化也会使热线温度发生变化,影响进气量的测量精度,因而在靠近热线的地方另外装有一根温度补偿电阻丝 R_K (冷线),其电阻值随着进气温度的不同而发生变化,起到参照标准作用,在工作中,放大器使热线温度始终高于冷线温度 100 °C。

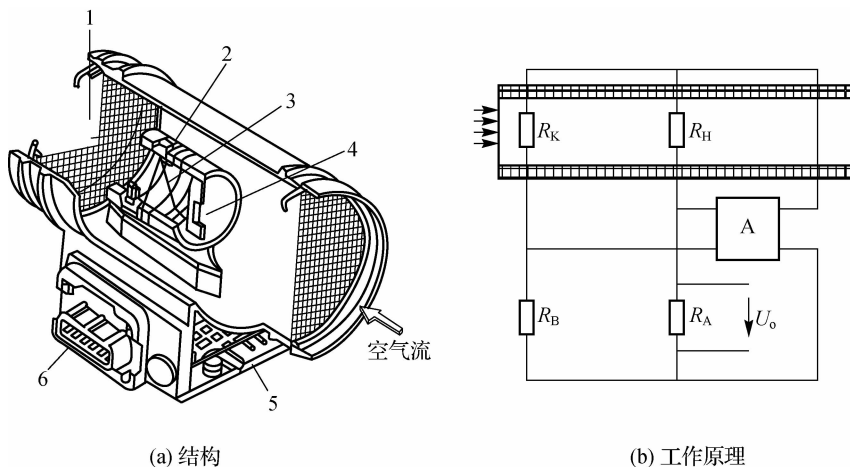


图 3-41 热线式空气流量传感器的结构和工作原理
1—防护网; 2—取样管; 3—白金热线; 4—温度补偿电阻; 5—控制电路板; 6—电接头

根据进气温度进行修正的功率放大器控制供给电桥 4 个臂的电流。 R_B 是高阻抗的电阻,使电桥保持平衡。当空气通过传感器时,热线变冷, R_H 变小,电桥失去平衡,此时放大器会自动增加供给热线的电流,使热线恢复原来的温度和电阻值,直至电桥恢复平衡。放大器所增加的电流取决于热线被冷却的程度,即取决于流过传感器的空气流量。由于电流的增加,精密电阻 R_A 的电压降也增加,将电流的变化转换为电压的变化。这一信号输入电子控制单元 ECU,用于指示流过传感器的空气量。

五、认知直流电路的基本定律

1. 电路结构的基本名词

计算复杂电路主要依据欧姆定律和基尔霍夫定律,这两条定律既适用于直流电路,又适用于交流电路和含有电子元件的非线性电路,因而是分析并计算电路的基本定律。如图 3-42 所示,复杂电路包括多个电源和多个元件,因而不能直接用欧姆定律来求解。

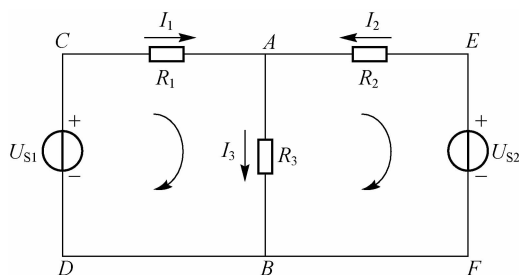


图 3-42 复杂电路

为了研究复杂电路,必须先明确几个概念,即支路、节点、回路和网孔。

(1)支路。由一个或几个元件首尾相接构成的无分支电路称为支路。在同一电路中,流过所有元件的电流相等。例如,在图 3-42 中, U_{S1} 和 R_1 构成一条支路, U_{S2} 和 R_2 构成一条支路, R_3 构成另外一条支路。

(2)节点。三条或以上支路的交汇点称为节点。例如,在图 3-42 中, A 、 B 两点均为节点。

(3)回路。电路中的任一闭合路径称为回路,一个回路可能只含有一条支路,也可能包含几条支路。例如,在图 3-42 中, $ABFEA$ 、 $EFDCE$ 、 $ABDCA$ 都是回路。

(4)网孔。回路内部不含有支路的最简单的回路称为网孔。例如,在图 3-42 中, $ABFEA$ 、 $ABDCA$ 是网孔,而 $EFDCE$ 不是网孔。

对于稍微复杂的电路,应使用基尔霍夫定律,基尔霍夫定律可以用于求解复杂的电路网络。

2. 基尔霍夫电流定律

基尔霍夫电流定律(KCL)的基本内容为:在任一瞬间,流入任一节点的电流之和恒等于流出这个节点的电流之和,即

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

或者说,在任一瞬间,一个节点上电流的代数和为 0,即

$$\sum I = 0$$

基尔霍夫电流定律的依据为电流的连续性。

在任一瞬间,一个节点上电流的代数和为零。一般规定正方向为:流入节点的电流取正号,流出节点的电流取负号。KCL 不仅适用于节点,还可推广应用于电路中任意假定的闭合曲面,即任一瞬间,通过任一闭合曲面的电流的代数和也恒为零。

对于图 3-43 所示电路中的节点 A, I_2 、 I_3 、 I_5 为流入节点的电流, I_1 、 I_4 为流出节点的电流,根据基尔霍夫电流定律可得出

$$I_2 + I_3 + I_5 = I_1 + I_4$$

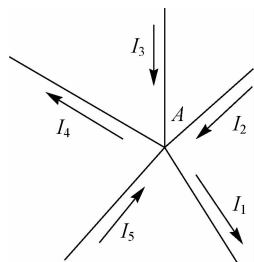


图 3-43 基尔霍夫电流定律示意图

3. 基尔霍夫电压定律

基尔霍夫电压定律(KVL)的基本内容为:在任一瞬间,沿回路绕行一周,电压升的总和等于电压降的总和,即

$$\sum U_{升} = \sum U_{降}$$

或者说,各电压的代数和为 0,即

$$\sum U = 0$$

基尔霍夫电压定律又称为基尔霍夫第二定律,它反映了电路的任一回路中的各段电压之间的关系。KVL 除了用于闭合回路外,也可应用于任意不闭合回路。

对于图 3-44 所示电路,绕行回路一周有

$$U_3 + U_2 = U_1 + U_4$$

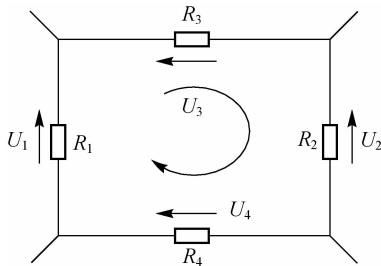


图 3-44 基尔霍夫电压定律示意图

任务五



汽车断路系统的导线、插接器与线束

任务要求

- ◎了解汽车电路中导线的选用及线束、插接器在汽车电路中的应用。
- ◎正确掌握插接器的装配工艺。

知识储备

一、车用导线

1. 车用导线的种类

车用导线分为低压线和高压线,二者均采用铜质多芯软线外包绝缘层。

(1) 低压线。低压线按用途分为普通低压导线和电缆线。

① 普通低压导线:用于汽车低压电路一般电器连接,如图 3-45 所示。常用低压导线的规格如表 3-2 所示。

② 电缆线:用于起动及蓄电池搭铁等,如图 3-46 所示。



图 3-45 普通低压导线

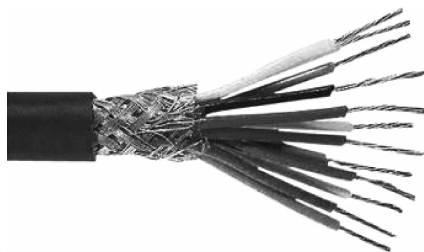


图 3-46 电缆线

表 3-2 常用低压导线的规格

标称截面积/mm ²	线芯结构		绝缘标称厚度/mm	导线最大直径/mm	允许载流量/A
	根数	直径/mm			
0.5	—	—	0.6	2.2	—
0.6	—	—	0.6	2.3	—
0.8	7	0.39	0.6	2.5	—
1	7	0.42	0.6	2.5	11
1.5	17	0.52	0.6	2.9	14

续表

标称截面积/mm ²	线芯结构		绝缘标称厚度/mm	导线最大直径/mm	允许载流量/A
	根数	直径/mm			
2.5	19	0.41	0.8	3.8	20
4	19	0.52	0.8	4.4	25
6	19	0.64	0.9	5.2	35
8	19	0.74	0.9	5.7	—
10	49	0.52	1.0	6.9	50
16	49	0.64	1.0	8.0	—
25	98	0.58	1.2	10.3	—
35	133	0.58	1.2	11.3	—
50	133	0.58	1.4	13.3	—

(2) 高压线。高压点火线,即高压电缆,简称高压线。高压线用于点火线圈至火花塞之间的高压电路。工作电压高达 10~20 kV,电流很小,因此,高压线的绝缘层很厚,耐压性能好,按线芯的不同可分成铜芯线和阻尼线两类,如图 3-47 所示。

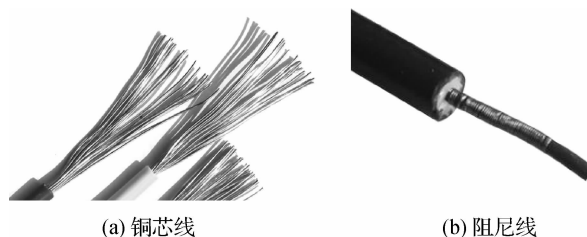


图 3-47 铜芯线与阻尼线

2. 导线的选用原则

导线截面积主要根据其工作电流选择,但是对于一些电流很小的电器,为保证导线有一定的机械强度,汽车电路系统中所用导线的截面积不得小于 0.5 mm²。由于起动机是短时间工作的,连接蓄电池与起动机的导线不以工作电流大小来选定,而受工作时的电压降限制。为了保证起动机正常工作,能发出足够的功率,要求在线路上每 100 A 的电流所产生的电压降为 0.1~0.15 V,因此,该导线的截面积特别大。蓄电池的搭铁线一般采用铜丝编织成的扁形软导线,不带绝缘层。

(1) 低压线的选用原则。

① 导线的温升。电流通过导线时, 电流的热效应会使导线温度升高。一般在炎热的夏季, 当发动机周围的温度高达 $70\sim 90\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时, 该环境温度下的导线温升不得大于 $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。因此, 必须根据电流大小选择合适的导线截面积, 可以参考表 3-3 选用。

表 3-3 各种截面积的铜芯导线所允许的电流

标称截面积/ mm^2	0.5	0.8	1.0	1.5	2.5	3.0	4.0	6.0	10	13
允许电流/A	—	—	11	14	20	22	25	35	50	60

② 导线的电压降。通常整车电路的总电压降不得超过 0.8 V , 从电压降的角度看, 导线长度越短越好。

③ 导线的机械强度。车用导线应有足够的机械强度, 即使电流很小的负载电路, 其导线截面积也不应小于 0.5 mm^2 。

12 V 电系主要线路导线截面积推荐值如表 3-4 所示。

表 3-4 12 V 电系主要线路导线截面积推荐值

标称截面积/ mm^2	用 途
0.5	尾灯、顶灯、指示灯、牌照灯、燃油灯、刮水器电动机、电钟、水温表、油压表
0.8	转向灯、制动灯、停车灯、分电器
1.0	前照灯、喇叭(3 A 以下)
1.5	电喇叭(3 A 以上)
1.5~4.0	其他连接导线
4~6	电热塞导线
6~25	电源线
16~95	起动机导线

(2) 高压线的选择原则。汽车的高压导线耐压极高, 一般应在 15 kV 以上, 它在点火系统中承担高压电输送任务, 而其工作电流很小, 故截面积较小, 约为 15 mm^2 , 绝缘层很厚, 多采用橡胶绝缘, 并加有浸漆棉质编包。

① 以耐压为依据, 绝缘层的耐压应在 15 kV 以上。

② 对阻尼点火线, 每 1 m 电阻不应超过 $20\text{ k}\Omega$ 。

3. 导线的颜色区别和代号

随着汽车上使用的电器增多, 导线数量增多, 为便于安装和检修, 通常采用双色线, 主色为基础色, 辅色为环布导线的条色带或螺旋色带, 且标注时主色在前, 辅色在后。汽车电路图导线色码标记对照表如表 3-5 所示, 汽车电气系统的主色如表 3-6 所示。

表 3-5 汽车电路图导线色码标记对照表

颜色	代 号				颜色	代 号			
	英 文	日 本	英 国	欧 洲		英 文	日 本	英 国	欧 洲
黑	B	B	BK	BK	灰	Gr	Gr	GY	GY
白	W	W	WT	WT	紫	V	V	PL	VI
红	R	R	RD	RD	橙	V	V	PL	VI
绿	R	R	RD	RD	粉	—	P	PK	PK
黄棕	Br	Br	BN	BN	浅绿	—	Lg	LTGn	HGN
蓝	Bl	—	BU	BU					

表 3-6 汽车电气系统的主色

系统名称	电线主色	代 号
电源系统	红	R
点火和起动机系统	白	W
前照灯、雾灯及外部灯光照明系统	蓝	BL
灯光信号系统,包括转向指示灯	绿	G
车身内部照明系统	黄	Y
仪表及警报指示和喇叭系统	棕	Br
收音机、电钟、点烟器等辅助装置	紫	V
各种辅助电动机及电气操纵系统	灰	Gr
电气装置搭铁线	黑	B

【例 7】 在汽车电路图中标注有 1.5RW 字样,它表示什么意义?

解:1.5 表示导线的截面积为 1.5 mm²;R 表示导线表面的主色为红色;W 表示导线表面的辅色为白色。

二、插接器

为便于接线,汽车线束中各导线端头均焊有接线卡,并在导线与接线卡连接处套以绝缘管,经常拆卸的接线卡一般取开口式,而拆卸机会少的接线卡则常采用闭口式。

在国产新型汽车和国外汽车上,现在均使用插接器,这有利于汽车的制造,更有利于维修。

插接器由插头和插座两部分组成,按使用场合的实际需要,其脚数多少不等,插接脚有平端与针状之分,图 3-48 所示为插接器的实物图。

如图 3-49 所示,插接器接合时,应先将其导向槽重叠在一起,使插头和插孔对准且稍用力插入,这样就可以十分牢固地连接在一起了。插接器的导向槽是指插接器连接时为了使其正确定位而设置的凸凹轨。对于一对插头、插座,由于导向槽的作用,一般说来不可能插错;非成对的插头与插座因其脚数及外部形状不会相同,也不可能插错。因此,使用插接器

连接电路十分方便、可靠。

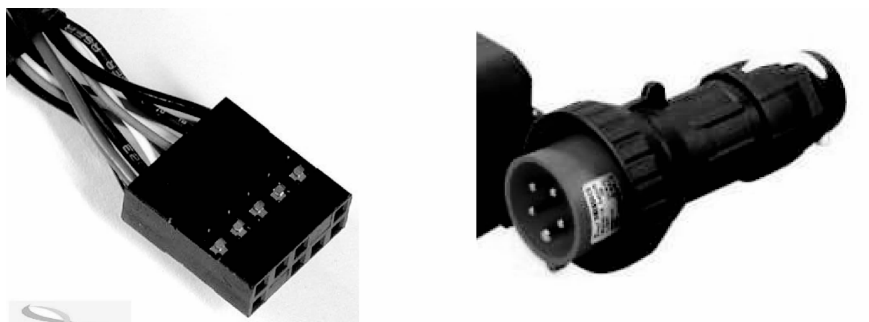


图 3-48 插接器实物图

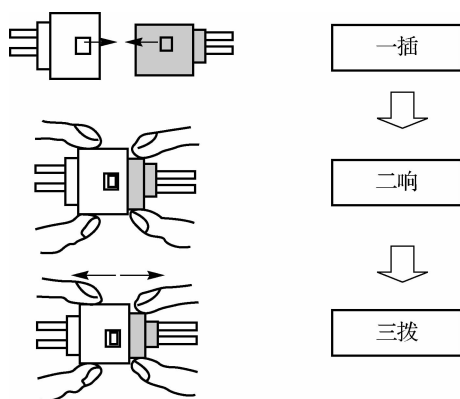


图 3-49 插接器安装原则

为了防止汽车行驶过程中插接器脱开，所有插接器均采用闭锁装置。当要拆下插接器时，应先压下闭锁，然后再将其拉开。不压下闭锁时，绝不可用力猛拉导线，以防拉坏闭锁或导线。

三、线束

为了使汽车全车繁多的导线排列整齐、方便拆装，保护导线的绝缘层免受振动而磨损折断导线，除高压线外，应用棉纱编织或用聚乙烯塑料薄带包扎成束，称为线束。一辆汽车按底盘部分和车身部分可以有多个线束。近年来，国外汽车为了检修电线方便，用塑料制成开口的软管，将电线束裹在其中，检修时将开口撬开即可。

安装线束时，一般事先将仪表板和总灯开关和点火开关等接好，然后再往汽车上安装。接线时，可根据导线颜色区分，分别接于相应的电器上。

已经制成的线束在安装时应注意以下几点：

- (1) 线束应用卡簧或绊钉固定，以免松动、磨损。
- (2) 线束不可拉得太紧，尤其在拐弯处需注意，在绕过锐角或穿过洞口时，应用橡皮、毛毡类的垫子或护套保护，以防磨损线束，否则易导致搭铁、短路甚至造成火灾等危险。
- (3) 各线头连接必须牢固、可靠，线头与线头之间、线头与接线柱之间应接触良好。

四、示宽灯电路的检测

1. 需用器材

汽车 1 辆或整车电路台架 1 台、万用表 1 台、常用电工工具 1 套等。

2. 学习目标

- (1) 掌握示宽灯电路的测量方法。
- (2) 能判别并联电路及特点。

3. 操作步骤

- (1) 观察示宽灯的工作状态。
 - ① 打开示宽灯开关。
 - ② 观察示宽灯的工作状态,如图 3-50 所示。



图 3-50 示宽灯实验

(2) 示宽灯电路的检测,如图 3-51 所示,各灯电压的测量步骤如下:

- ① 将万用表调到直流电压 20 V 挡。
- ② 分别测量前示宽灯。
- ③ 分别测量后示宽灯。

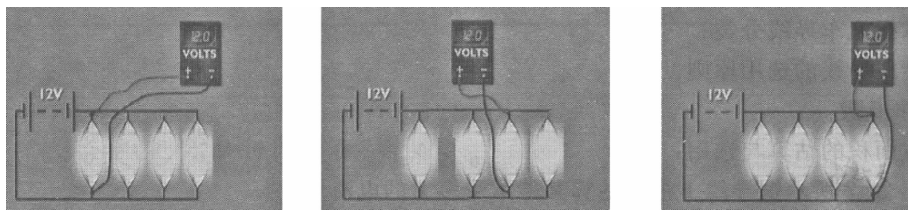


图 3-51 示宽灯电路的检测

从示宽灯电路中可看出:

- ① 并联电路各灯互不干扰,因此,有某灯烧坏不影响其他电路工作。
- ② 汽车采用并联电路,并且用车身铁架作另一导线(搭铁),以节省导线。
- (3) 电流的测量,如图 3-52 所示,各灯电流的测量步骤如下:
 - ① 将万用表调到直流电流 20 A 挡。
 - ② 分别测量各示宽灯。
 - ③ 测量总电流。

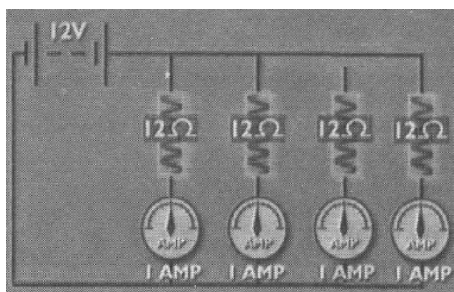


图 3-52 示宽灯电流的检测

4. 实验思考题

图 3-53 所示为汽车仪表可调光的照明电路。

- (1) 此电路是什么电路？
- (2) 讲述其调光的原理。

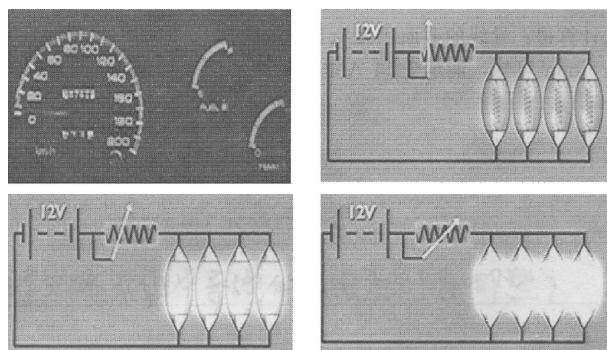


图 3-53 汽车仪表可调光电路

五、导线的选用与连接

1. 需用器材

外径千分尺(0~25 mm)1 把、低压和高压导线若干、常用电工工具 1 套。

2. 学习目标

- (1) 掌握汽车导线的分类方法。
- (2) 掌握导线的选用原则。

3. 操作步骤

导线截面积的估算与选用。现有图 3-54 所示的铜导线 1 根,估算其能承受的最大电流。

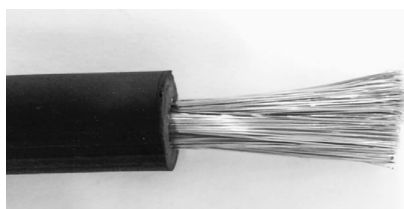


图 3-54 铜导线

- (1) 抽出低压导线中的 1 根铜芯线。
- (2) 用千分尺测量 1 根铜芯线的直径, 得 D 为 0.52 mm。
- (3) 数出铜芯线根数为 17。
- (4) 估算单股导线的面积为

$$S_1 = \frac{\pi D^2}{4}$$

总面积为

$$S = nS_1$$

将测得的数据代入, 计算得导线的截面积为 1.54 mm^2 。

查表 3-3, 可知该导线能承受的最大电流为 14 A。

知识小结

- (1) 电路是电流的通路。
- (2) 部分电路欧姆定律: 在不含电源的电路中, 流过导体的电流与这段导体两端的电压成正比, 与导体的电阻成反比。
- (3) 全部电路欧姆定律: 在包含电源的全电路中, 电流强度与电源的电动势成正比, 与整个电路的内、外电阻之和成反比。
- (4) 焦耳定律: 电流通过导体时产生的热量与电流的平方、导体的电阻及通电时间成正比。
- (5) 基尔霍夫电流定律: 在任一瞬间, 流入任一节点的电流之和恒等于流出这个节点的电流之和。
- (6) 基尔霍夫电压定律: 在任一瞬间, 沿回路绕行一周, 电压升的总和等于电压降的总和。

思考与练习

- (1) 电路主要由哪几部分组成? 各起什么作用?
- (2) 电阻串联的特点有哪些?
- (3) 电阻并联的特点有哪些?
- (4) 在汽车电路系统中, 导线的选用原则有哪些?