

单元一 汽车电路基础

模块一 直流电路



模块说明

本模块包括电路和电路图、电路中的基本物理量、电路的连接形式、电路中的基本定律、电容元件五个课题。重点讲述直流电路的概念、组成、状态、电路中的基本物理量、串并联电路的特点、电路中的基本定律、电容元件的概念和特性五个方面的基本知识。



模块目标

1. 理解电路的概念、组成和基本状态；
2. 理解并掌握电路中的基本物理量的含义和单位；
3. 能描述串联和并联电路的性质、识别简单电路的连接关系；
4. 理解电容的定义、知道电容的单位；
5. 掌握电容的充、放电特性。

课题一

电路和电路图



学习目标

1. 理解电路和汽车电路的概念；
2. 掌握汽车电路的组成；
3. 掌握电路的三种状态；
4. 掌握电路的基本符号；
5. 能识别汽车电路图。



任务引入

汽车上的用电设备、电子控制系统中的各元件都是以电路的形式来实现它们的功能。分析用电设备和电子控制系统的工作原理,正确使用、维护好汽车用电设备和电控系统,都应从电路的组成和电路的状态入手。



知识链接

一、电路的组成

1. 什么是电路

电流通过的路径称为电路。它是为满足某种需要,用选定的导线将电源、电器设备和中间环节相互连接,构成一个完整的供电系统。如图 1-1-1 所示为汽车倒车灯的电路模型图。

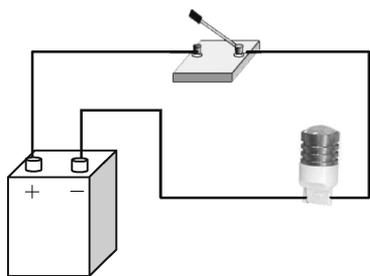


图 1-1-1 汽车倒车灯电路模型图

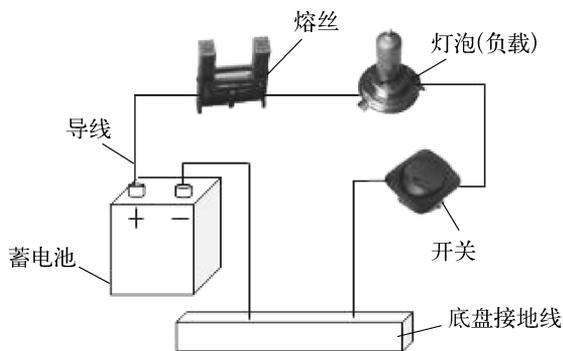


图 1-1-2 汽车电路组成

2. 汽车电路的组成

一辆现代汽车包含有上千个单独的电路,其中某些电路非常复杂,但若构成一个完整的电路,就必须有电源、导线和负载。绝大多数的汽车电路均包括:电源、负载、保护装置、控制装置、导体(导线或电缆)。在汽车电路中,电流从电源的正极流出,经由负载、保护装置、控制装置,然后回到蓄电池的负极,构成一个完整的电流回路。图 1-1-2 显示了一个完整的汽车电路的电流通路。

(1) 电源

电源是把其他形式的能转换为电能。汽车上装有两个电源,即蓄电池和发电机,如图 1-1-3(a)为汽车蓄电池,图 1-1-3(b)为汽车发电机。汽车电源的功能是保证各种用电设备和电子控制系统在各种工况下能正常工作。发动机不工作时,蓄电池可为车辆提供全部动力;启动车辆时,电瓶为启动机、点火系统和燃油系统等提供电力;在车辆行驶过程中,当暂时需要超过充电系统输出的电能时,蓄电池又充作一个附加电源。

(2) 用电设备

用电设备也称负载。在电路中,消耗电能的设备和器件统称为用电设备,也常称为电源的



图 1-1-3 汽车电源

负载。其作用是将电能转换为其他形式的能(如热、光、声、机械能)。汽车上常见的负载有启动机、照明灯、喇叭、点烟器、音响、电子控制器件等,图 1-1-4(a)所示为汽车启动机、图 1-1-4(b)所示为汽车电喇叭。

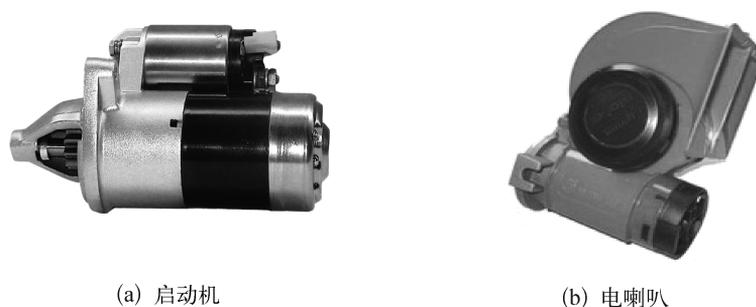


图 1-1-4 汽车上的用电设备

(3) 控制器件

控制器件是指控制电路工作状态的器件或设备,如汽车上的点火开关、旋钮开关、按键开关、压力开关、温控开关、继电器等。如图 1-1-5(a)所示为继电器、图 1-1-5(b)所示为旋钮式照明开关、图 1-1-5(c)所示为按键式座椅加热开关。



图 1-1-5 汽车上的控制器件

(4) 导线

导线是连接电源与用电设备的金属线,为用电设备工作提供电流的通路。汽车上常用的导线是铜线,少部分用铝线,如图 1-1-6 所示的汽车导线。

导线是电器设备从电源获得电能必不可少的元件,汽车上的导线按承受的电压高低可分为高压导线和低压导线。汽车充电系统、仪表、照明、信号及辅助电器设备等均选用低压导线,启动机与蓄电池的连接、蓄电池与车架的搭铁线等则用电缆线,点火线圈的输出线则使用特制的高压阻尼线。

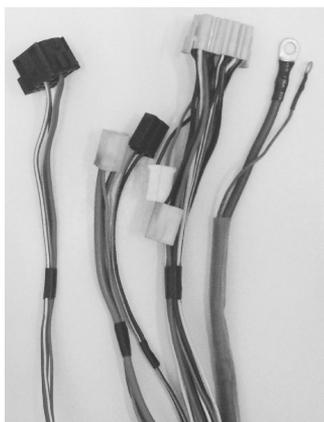


图 1-1-6 汽车上的导线

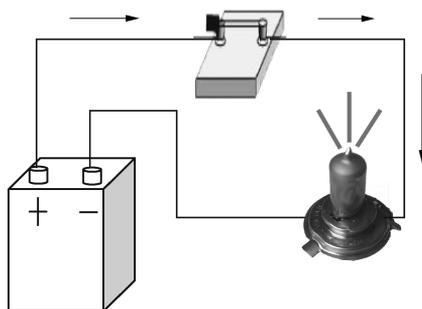


图 1-1-7 电路的通路状态

3. 电路的状态

(1) 通路

通路也叫闭合回路。电源与负载接通,电路中有电流通过,电气设备或元器件获得一定的电压和电功率,进行能量转换或实现某种控制功能。如图 1-1-7 所示为电路通路状态,在图 1-1-7 所示的电路中,灯泡将蓄电池输出的电能转换成了光能和热能。

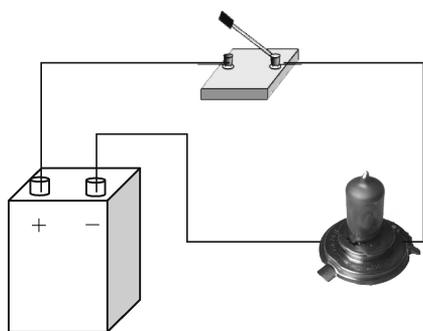


图 1-1-8 电路的断路状态

(2) 开路

开路也称断路。电路中没有电流通过,又称为“空载”状态。断路会使电路无法正常工作,如图 1-1-8 所示的断路状态。

(3) 短路

电路中,电流应流过整个负载构成一个完整的电流回路,因某种原因(导线或负载的绝缘损坏)使电流的流经路径缩短再回到电源的负极,此现象称作短路。短路是否会影响负载的工作,需视短路的位置而定。如图 1-1-9(a)短路后负载不能工作,图 1-1-9(b)短路后负载可正常工作。

(4) 搭铁

搭铁现象是短路的一种。当电路中的某处因绝缘破坏使电流不经原来的路径,而是从破损处直接经车身(或发动机缸体)回到电源负极的现象叫搭铁。搭铁出现的位置不同,对电路的影响亦不同,如图 1-1-10 所示。

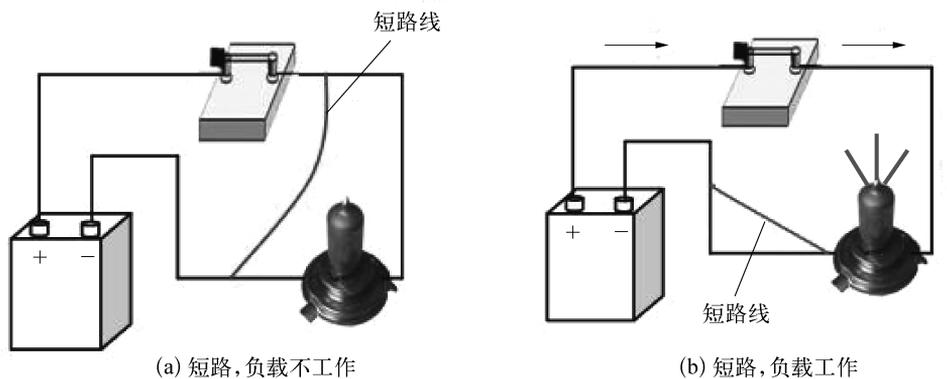


图 1-1-9 短路状态

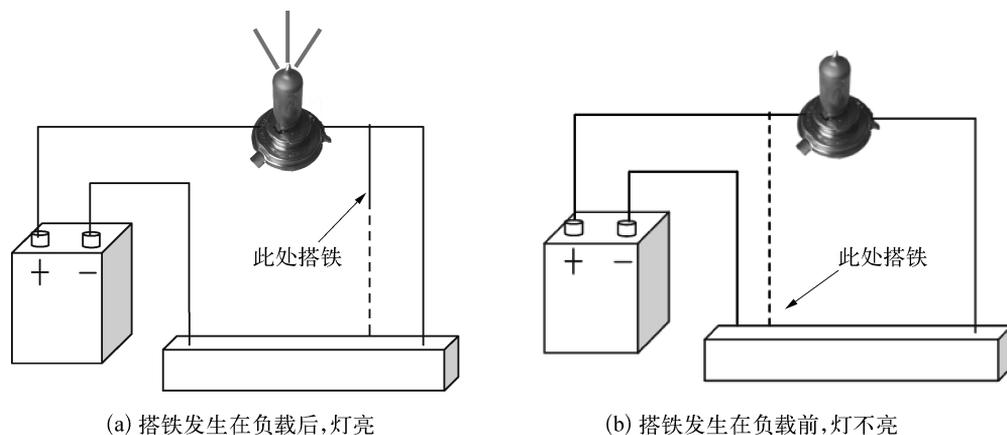


图 1-1-10 搭铁现象

二、汽车电路图

1. 什么是电路图

采用国家统一规定的符号来表示电路中电源、电器设备及控制器件之间的电路连接关系图,称为电路图,如图 1-1-11(a)为实物连接图、图 1-1-11(b)为图 1-1-11(a)的电路图。表 1-1-1 给出了电工中基本的电器元件符号。

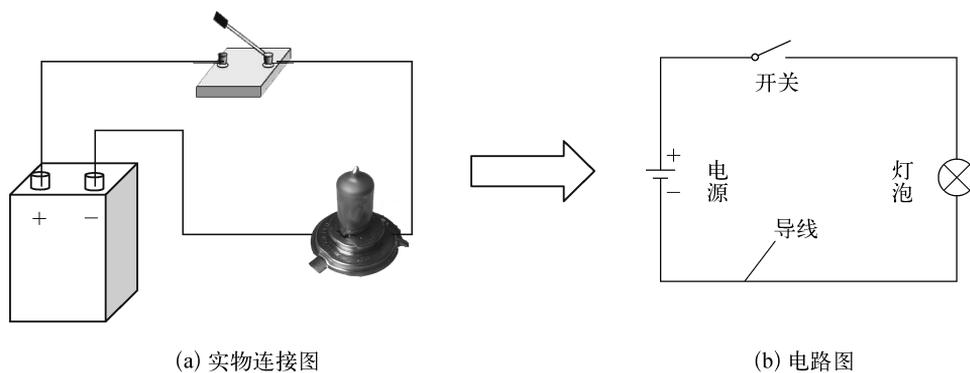
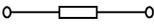
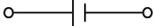
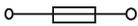
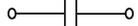


图 1-1-11 电路图

表 1-1-1 电工中常用元件符号

名称	符号	名称	符号
电阻		电压表	
蓄电池		接地	
灯泡		熔断器	
开关		电容	
电流表		电感	

2. 汽车电路图

汽车电路图就是按一定的要求,用规定的图形符号和文字符号来表示汽车各电器设备或控制系统的连接关系图。各个国家对汽车电路图的规定有所不同,使得汽车的电路图存在很大差异,如图 1-1-12 所示为国产车常见汽车照明系统的电路图。表 1-1-2 列出了汽车电路图中常用的部分电器元件的图形符号。

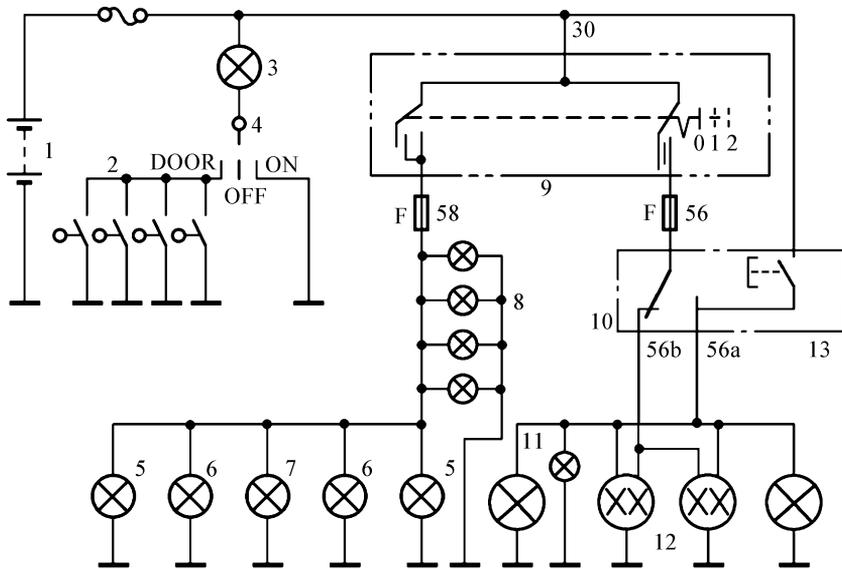
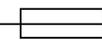
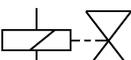
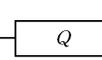
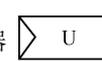
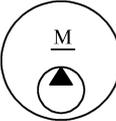
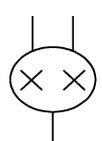


图 1-1-12 国产车常见汽车照明系统的电路图

1—蓄电池;2—门控开关;3—室内灯;4—室内灯手控开关;5—示宽灯;6—尾灯;7—牌照灯;8—仪表灯;9—灯光开关;10—变光开关;11—远光指示灯;12—前照灯;13—超车灯开关

表 1-1-2 常用汽车电路图形符号

常开触点 	旋钮开关 	熔断丝 
转速表 	电磁阀 	燃油表 
电压调节器 	电动燃油泵 	蓄电池 
双丝灯泡 	照明灯 	火花塞 

三、汽车电路图的类别

由于现代汽车的电器系统越来越复杂,汽车电路图的内容也越来越多。对一辆汽车来说,其整车电路有多种表达方式,但主要有布线图、线束图、全车电路图。

1. 布线图

用于指示汽车电气设备在车身上的安装位置、外形、线路走向。按电气设备的实际方位绘制,明确反映汽车的实际线路情况,查线时易于查找导线的分支和节点,为安装、检测和故障排除提供了方便,如图 1-1-13 所示为汽车布线图。

2. 线束图

用来表明线束与电气设备的连接部位、接线端子的标记、线头、插接器的形状和位置等。线束图一般不详细描绘线束内部的导线走向,只将露在线束外面的线头与插接器用详细编号或字母标记,便于安装、配线、检测与检修。

如图 1-1-14 所示为北京现代伊兰特(ELANTRA)仪表台控制线束在车上的布置图。

3. 全车电路图

用于指明全车电气系统中各部件的连接关系和电路原理。它有整车电路图和局部电路图之分。全车电路图,包含了全车所有的电器系统,它是由若干个局部电路图组成,如图 1-1-15 所示为我国的汽车全车电路图(图中序号所代表的器件与图 1-1-13 相同)。现代汽车电器系统复杂,生产厂家常将全车电路分解成若干个局部电路图,再装订成册。

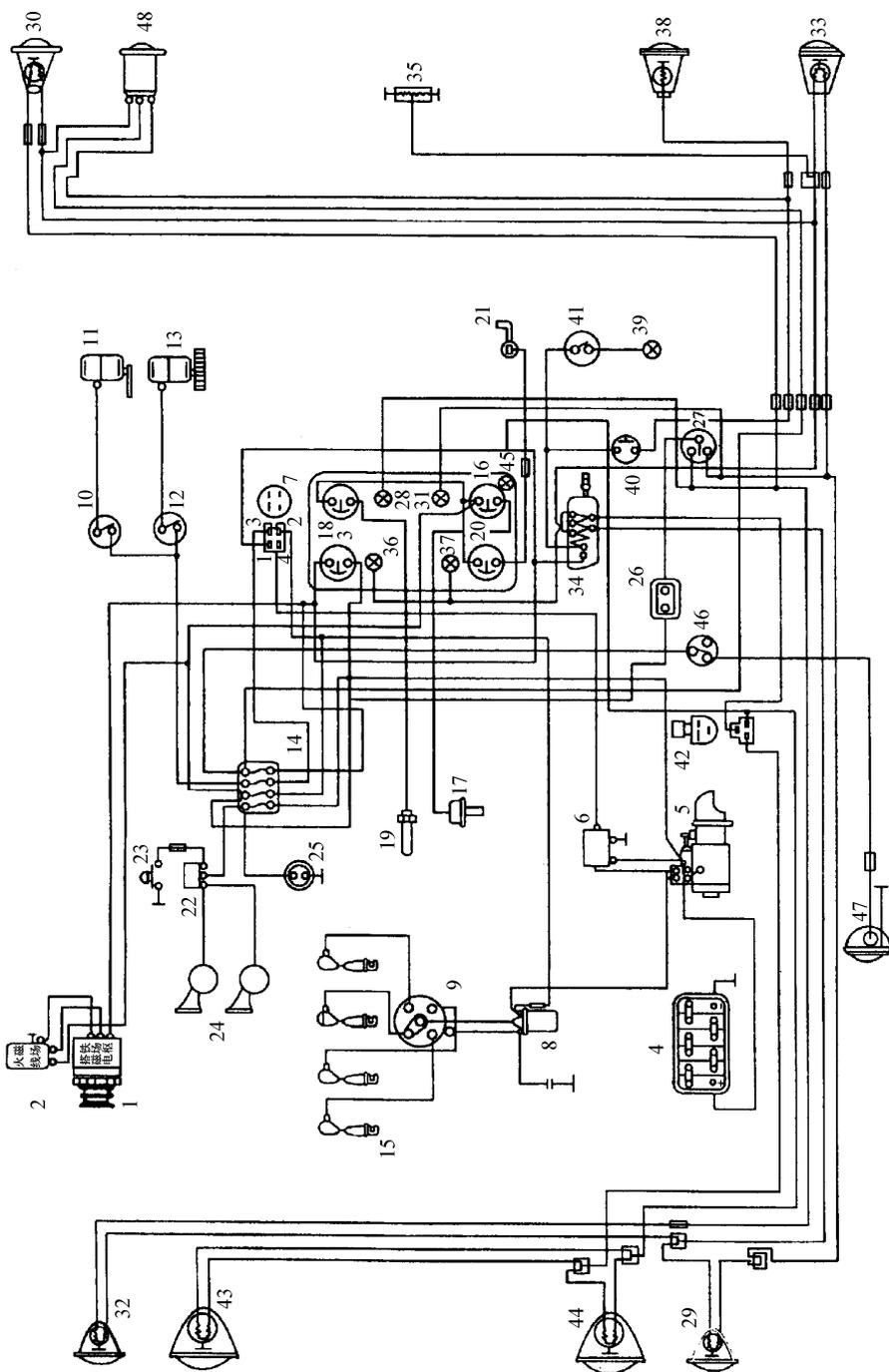


图 1-1-13 汽车布线图

1—发电机;2—电压调节器;3—电流表;4—蓄电池;5—启动机;6—启动继电器;7—点火开关;8—点火线圈;9—分电器;10—刮水器开关;11—刮水器电动机;12—暖风开关;13—暖风电动机;14—熔断丝盒;15—火花塞;16—机油压力表;17—油压传感器;18—水温表;19—水温传感器;20—燃油传感器;21—燃油传感器;22—喇叭继电器;23—喇叭按钮;24—电喇叭;25—工作灯插座;26—闪光灯;27—转向灯开关;28,31—转向指示灯;29—前小灯;30,33—室灯;32—前小灯;34—车灯开关;35—仪表盘灯;36,37—制灯;38—制灯;39—制灯;40—制灯;41—制灯;42—制灯;43,44—前照灯;45—远光指示灯;46—雾灯开关;47—防空/雾灯;48—电源插座

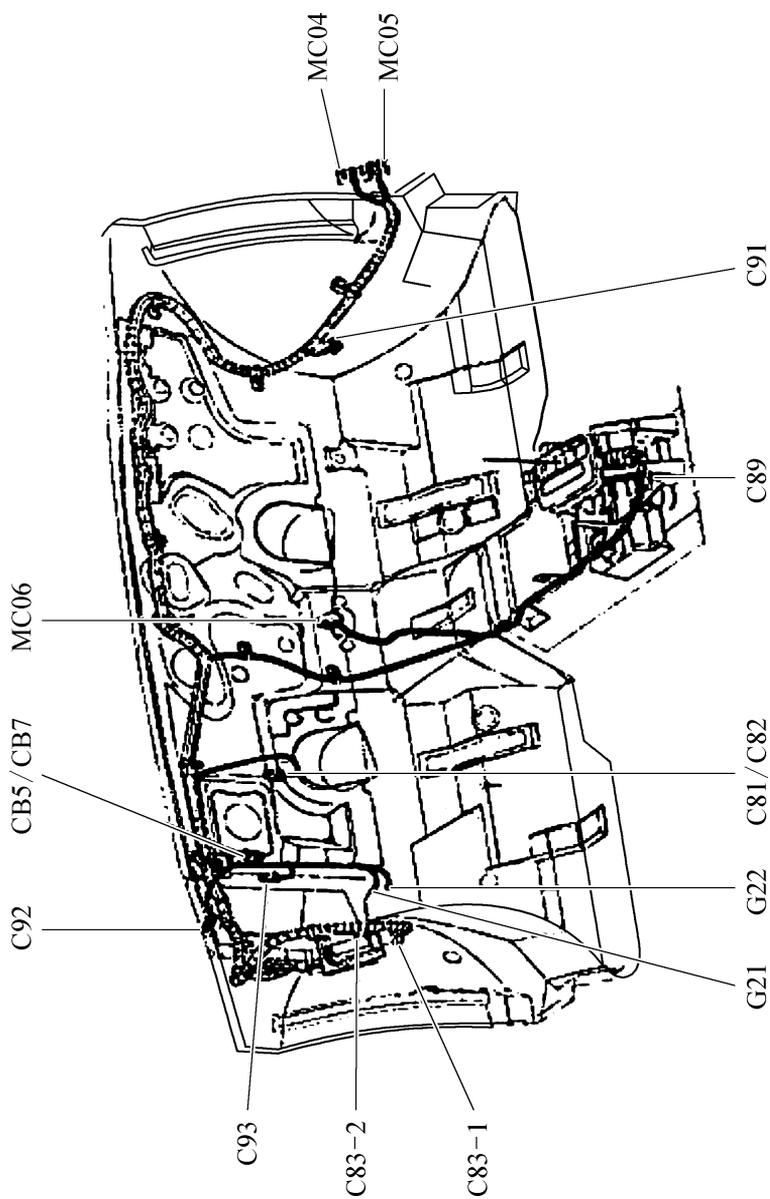


图 1-1-14 北京现代伊兰特(ELANTRA)仪表台控制线束布置图。

C81/82—制动灯开关配线；C83-1、C83-2—动力控制模块配线；C85/87—启动离合器踏板开关配线；C89—AT 变速杆照明配线；C91、C92—短连接器；C93—A/T 控制继电器；G21、G22—搭铁；MC04、MC05、MC06—连接器

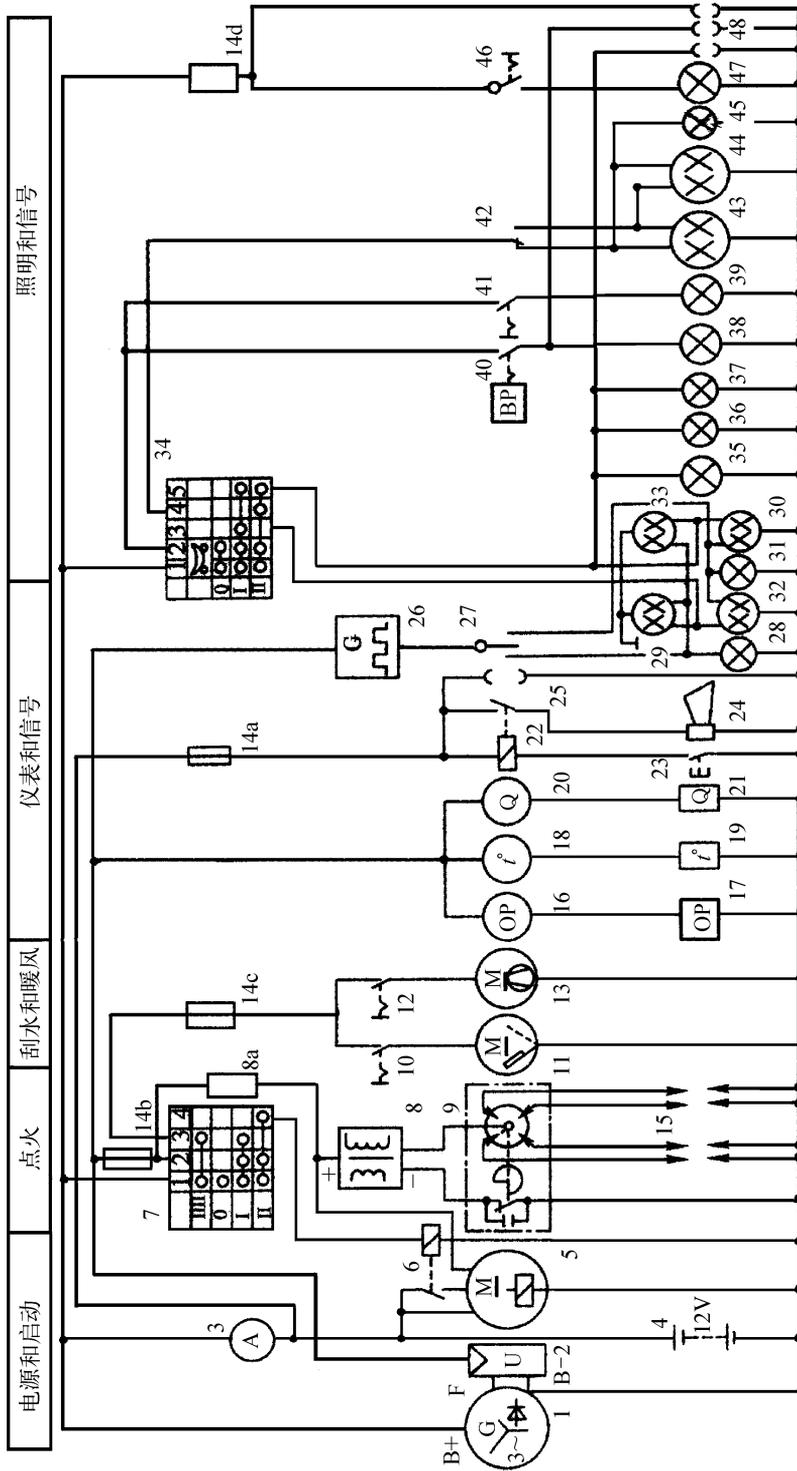


图 1-1-15 我国汽车全车电路原理图

四、汽车电路的特点

① 低压直流供电。汽车电器设备采用低压直流供电,电能来自蓄电池和发电机。汽车电气系统使用的电压有两种:12 V 和 24 V。汽油车多用 12 V,柴油汽车大都采用 24 V 直流电。

② 单线制。利用发动机缸体、车身等金属机件作为各种电器设备的公用连线(俗称搭铁或接地),而用电设备到电源只需另一根导线。单线制可节省导线,电路简化,便于安装、维修,同时易于故障的诊断与排除。

③ 并联。并联供电可保证各用电设备独立工作,互不干扰,每条电路均有各自独立的控制器件及保险装置。

④ 负极搭铁。采用单线制时,电源的一端必须可靠地接到车体上,俗称“搭铁”,用符号“⊥”表示。搭铁可分为正极搭铁和负极搭铁,大多数国家的汽车都采用负极搭铁。

⑤ 汽车导线有颜色和编号特征。为便于区分各线路连接,汽车上所有低压导线,必须选用不同颜色的单色或双色线,并在每根导线上编号,编号由生产厂家统一编定。



学后测评

一、填空题

1. 电路主要由电源、_____、_____组成。
2. 电阻符号_____直流电源符号_____熔断丝符号_____。
3. 电路有三种状态,即_____状态_____状态_____状态。
4. 汽车电源由_____和_____构成。
5. 汽车控制器件有_____、_____、_____等。

二、选择题

1. 下面不属于用电设备的是()。

A. 启动机 B. 继电器 C. 点火开关
2. 我国汽车电路采用_____极搭铁。

A. 正 B. 负
3. 以下哪种状态一定会导致电路不能工作。()

A. 搭铁 B. 短路 C. 断路
4. 电路由()和开关四部分组成。

A. 发电机、电动机、导线 B. 发电机、负载、架空线

C. 电动机、灯泡、导线 D. 电源、负载、连接导线

三、判断题

1. 汽车发电机的功能是向蓄电池充电。 ()
2. 发动机启动后,电器设备的用电由发电机提供。 ()
3. 搭铁不同于短路,是否影响负载工作要视具体情况而定。 ()
4. 所谓单线制,就是所有用电设备的负极都用一根线连到蓄电池的负极上。 ()

四、简答题

1. 什么是汽车电路?
2. 简述汽车电路的组成及特点?

课题二

电路中的基本物理量



学习目标

1. 理解电流、电压、电阻、电动势、电功率的含义；
2. 掌握电路基本物理量的单位及换算关系；
3. 了解电阻在汽车上的应用。



任务引入

在分析电路中的每个要素(大到用电设备,小到导线、开关等)的工作特性时,都离不开电路中的物理量,通过检测或计算这些物理量的大小,可以判断出电路的工作是否处于正常状态,这些物理量主要有电流、电压、电阻等,本课题主要讲述它们的概念、单位及它们之间的关系。



知识链接

一、电流

1. 定义

电路中电荷的定向运动,称为电流。水从高处流下形成水流,水位差是形成水流的原因,同样在电路中,电位差是形成电流的原因。

2. 方向

电路中正电荷移动的方向称为电流的方向。将导线的一端连接蓄电池的正极,另一端连接于蓄电池的负极,在同性相斥,异性相吸的作用下,导线内的自由电子受到负极的排斥,正极的吸引而由负极向正极移动,自由电子的流动便形成了电流,如图1-1-16所示。

3. 电流的大小

电流的大小用电流强度表示,其数值等于单位时间内通过导体横截面的电荷量,以字母 I 表示。

即

$$I = \frac{Q}{t} \quad (1-1-1)$$

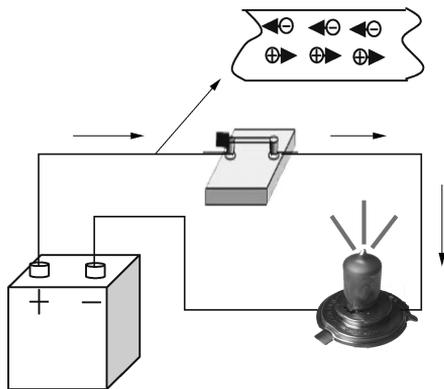


图 1-1-16 电流的方向

式中 I ——电流强度,单位是安培(A);

Q ——电量,单位是库仑(C);

t ——时间,单位是秒(s);

电流的单位还有: kA、mA、 μ A,它们之间的换算关系是:

$$1 \text{ kA} = 10^3 \text{ A} = 10^6 \text{ mA} = 10^9 \mu\text{A}$$

二、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。如图1-1-17所示,电路中的a点与b点之间的电压,可记作 U_{ab} 。电压是电流产生的原动力。电压类似水塔中所形成的水压,水塔顶部与底部或地面之间的势差形成水压,如图1-1-18所示。

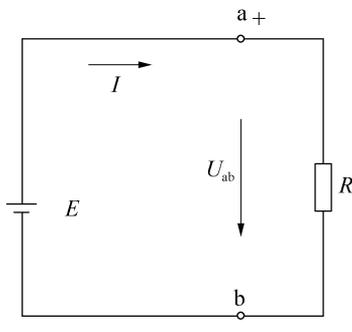


图 1-1-17 电路中的电压

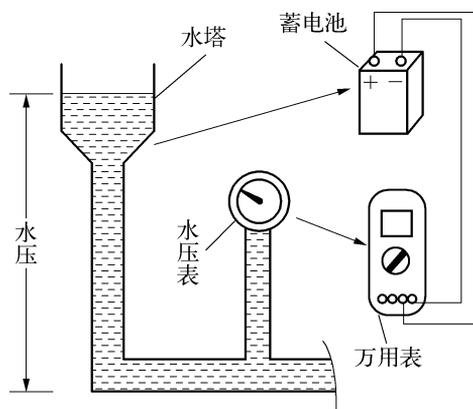


图 1-1-18 电位与水位

2. 电压的方向

箭头表示法:以电流的流向表示,如图1-1-17所示。

极性符号表示法:用“+”、“-”标出,如图1-1-17所示。

3. 电压的单位

电压的单位是伏特,简称伏,用符号V表示。

把1库仑(C)的正电荷从a点移到b点,电场力所做的功为1焦耳(J),那么a、b两点间的电压就是1V(伏特),

表达式:

$$U = \frac{W}{q} \quad (1-1-2)$$

式中 U ——电压,单位:伏特(V);

q ——电量,单位:库仑(C);

W ——电场力所做的功,单位:焦耳(J)。

电压的单位除伏特外,还有千伏、毫伏、微伏,它们之间的换算关系:

$$1 \text{ kV} = 10^3 \text{ V} = 10^6 \text{ mV} = 10^9 \mu\text{V}$$

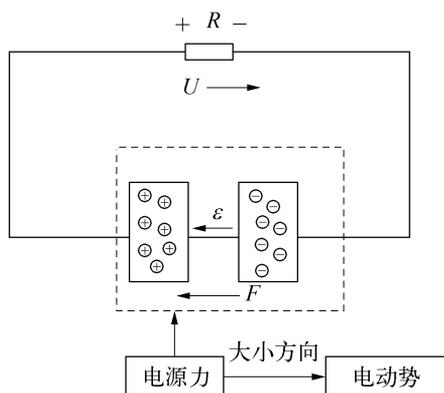


图 1-1-19 电源的电动势

为电能的能力。

三、电阻

1. 定义

电子流动时受到的阻力称为电阻,用符号 R 表示。电阻阻碍或限制电路中的电流流动,所有的物质都有电阻,只是大小不同而已。应该注意的是:并非所有的电阻都是一种负面的影响,在汽车的照明电路中,大多数灯泡都是利用电阻原理来发光的。

容易导电的物质,电阻较小,称为导体;不容易导电的物质,电阻较大,称为绝缘体;导电能力在导体和绝缘体之间的物质称为半导体。汽车电气设备中普遍采用铜作导体,金、银是最好的导体,但因价格昂贵只在一些特殊的地方使用,如有的高级轿车为提高传感器的寿命和传感器信号的精度,用金制造传感器的插接端子;橡胶、陶瓷、塑料等是绝缘体,它们应用在汽车电器设备上,起到电气绝缘的作用。

2. 单位

电阻的单位是欧姆,用(Ω)表示。规定长度为 1 m、横截面积为 1 m^2 、电阻率为 $1 \Omega \cdot \text{m}$ 的导体,其阻值为 1Ω 。

电阻的单位除欧姆外,常用的单位还有千欧(k Ω)、兆欧(M Ω),它们之间的换算关系:

$$1 \text{ M}\Omega = 10^3 \text{ k}\Omega = 10^6 \Omega$$

3. 电阻定律

导体的电阻与导体的长度成正比与导体的横截面积成反比。

表达式如下:

$$R = \rho \frac{l}{S} \quad (1-1-3)$$

式中 R ——导体的电阻,单位:欧姆(Ω);

L ——导体的长度,单位:米(m);

ρ ——电阻率,单位:欧姆·米($\Omega \cdot \text{m}$);

S ——导体的横截面积,单位:平方米(m^2)。

电阻是客观存在的,与电路中的电压无关,电流间接影响电阻的大小,影响电阻的因素主要有:

4. 电动势

在电源内部有一种非静电力(非静电力有不同的来源,可以是化学能、磁场能等),它会克服电场力源源不断地将正电荷从负极搬运到正极,将负电荷从正极搬运到负极,使得电源的正极与负极对外表现出一定的电位差,该电位差称作电动势,用 E (或 ϵ)表示,单位是伏(V),如图 1-1-19 所示。

电动势的大小等于非静电力把单位正电荷从负极经过电源内部移送到正极所做的功。

电动势的方向规定为从电源的负极经过电源内部指向电源的正极,即与电源两端电压的方向相反。

电动势的大小反映了电源将其它形式的能转化

材料的原子结构：导体内的自由电子数目越少，电阻越大。

导体的长度：导体越长，电阻越大。

导体的直径：导体的截面积越小，电阻越大。

温度：一般金属材质的导体随温度的升高电阻增大。

导体的物理状态：导体出现腐蚀、断裂等毁损时电阻会增加。

4. 电阻种类及在汽车上应用实例

如图 1-1-20 所示，电阻的类型较多，按阻值分：有固定电阻和可变电阻；按温度特性分：正温度系数热敏电阻和负温度系数的热敏电阻；按用途分：一类是耗能元件，另一类控制电流或电压；按材质和工艺分：炭膜电阻、金属膜电阻、水泥电阻、光敏电阻、芯片电阻、网络电阻等。

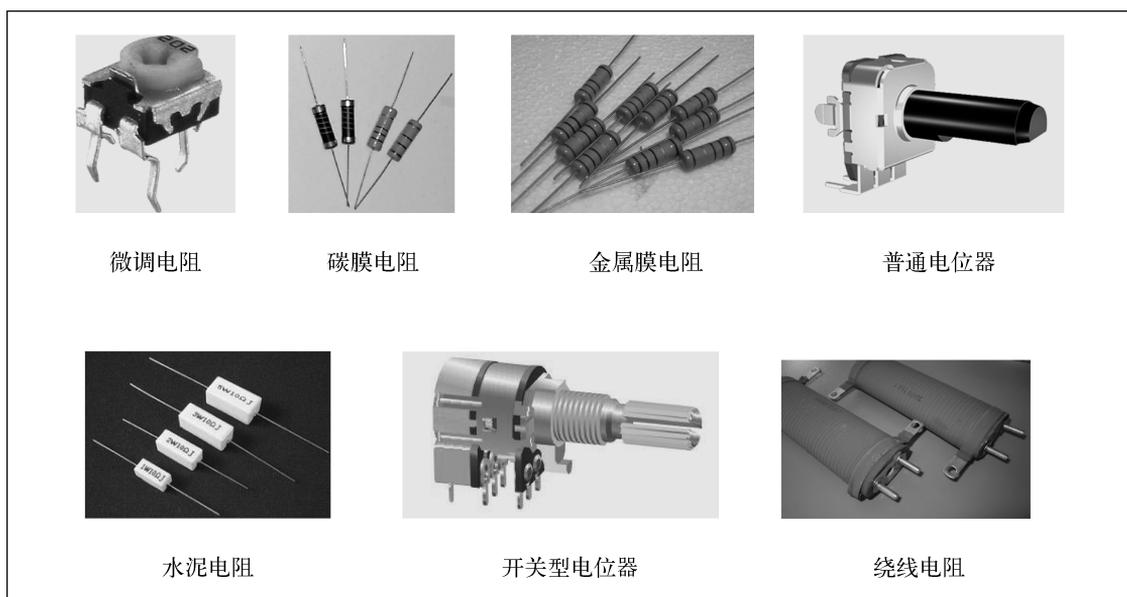


图 1-1-20 常用电阻

表 1-1-3 汽车电气系统中常见电阻符号

名称	符号	名称	符号
电阻器		热敏电阻	
可变电阻		压敏电阻	
滑丝式电阻		分流器	

电阻在汽车上的应用主要有三种：作为负载，用于耗能；用于控制电路中的电压或电流；用于传感器中的感测元件，向电脑提供信号。

(1) 定值电阻

定值电阻的电阻值是固定的，定值电阻可根据其用途装在某一部件里或接在电路上，起控制或耗能作用。例如，风窗除雾装置中的加热丝、点烟器中的电阻丝、灯泡中的灯丝等，如图 1-1-21 所示为风窗除雾原理图。

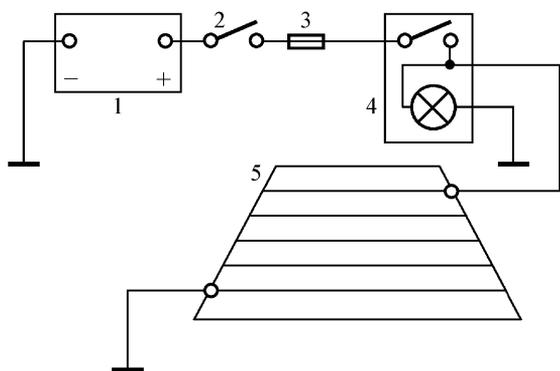


图 1-1-21 后风窗除雾原理图

(2) 可变电阻

阻值在一定范围内变化的电阻，称作可变电阻，在汽车电路中，可变电阻常用于汽车仪表板的照明控制、收音机的音量控制或检测某一机械部件的运动状况（如，节气门位置传感器等）。

(3) 特殊电阻

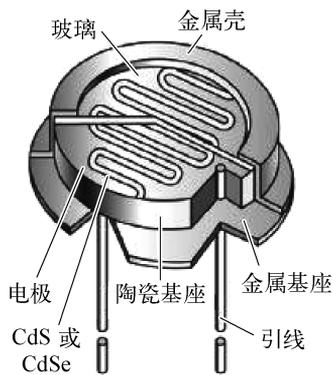
① 热敏电阻。一般把金属氧化物、陶瓷、半导体材料等在 1 000℃ 以上的高温下经成形、烧结等工艺制成的测温元件称为热敏电阻。热敏电阻常用来做冷却水温度传感器、进气温度传感器、排气温度传感器

及车内外温度传感器等中的敏感元件。

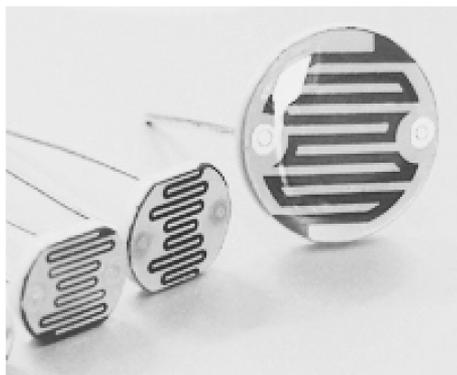
② 压敏电阻。压敏电阻是利用单晶硅材料的压阻效应和集成电路技术制成，具有体积小、精度高、成本低等优点，在汽车中用于测量气体和液体压力。

③ 光敏电阻。光敏电阻的阻值与光照强度有关。入射的光越强，电阻值越小；入射的光越弱，电阻就越大。制造光敏电阻的材料通常是金属的硫化物、硒化物和碲化物等。

如图 1-1-22 所示为汽车大灯专用的 CdS(硫化镉)光敏电阻，它是利用半导体材料硫化镉的光致导电特性制成。利用光敏电阻被不同强度的光照所产生的阻值来控制三极管(可控硅)的导通角，起到控制被控灯的电流作用，流过灯的电流变化，灯的亮度随之改变。



(a) 结构图



(b) 外形图

图 1-1-22 汽车大灯专用 CDS 光敏电阻

四、电能和电功率

1. 电能

电场力对外所做的功,称为电能。电流通过导体时产生热量的现象,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 等于电流 I 的平方与导体的电阻 R 和通电时间 t 的乘积。

即:

$$Q = I^2 R t \quad (1-1-4)$$

式中 Q ——电能,单位:焦耳(J);

I ——电流,单位:安培(A);

R ——电阻,单位:欧姆(Ω);

t ——时间,单位:秒(s);

2. 电功率

电功率是指电场力在单位时间内对外所做的功,简称为电功率,用符号 P 表示。

表达式如下:

$$P = \frac{W}{t} = IU \quad (1-1-5)$$

式中 P ——功率,单位:瓦特(W);

W ——电能,单位:焦耳(J);

t ——时间,单位:秒(s);

I ——电流,单位:安培(A);

电功率的单位除瓦特外,还有千瓦、马力。它们之间的关系:

$$1 \text{ kw} = 1\,000 \text{ W} \quad 1 \text{ 马力} = 735 \text{ 瓦特}$$

日常生活中,我们经常使用度来表示用电器(负载)消耗电能的多少。1度电表示功率为 1 kW 的用电器 1 个小时所消耗的电能。

即:

$$1 \text{ 度电} = Pt = 1\,000 \times 3\,600 = 3\,600\,000 \text{ 焦耳}$$

【例 1-1-1】 如图 1-1-23 所示,为某汽车的后备箱的照明灯电路原理图,现测得蓄电池的端电压为 12 V,电路中的电流为 1.5 A,求:后备箱灯点亮时,它的功率和电阻各为多少?

解:由电功率公式可知:

$$P = IU = 1.5 \times 12 = 18(\text{W})$$

由欧姆定律可知:

$$P = IU = \frac{U}{R}U = \frac{U^2}{R}$$

$$R = \frac{U^2}{P} = \frac{12^2}{18} = 8 \Omega$$

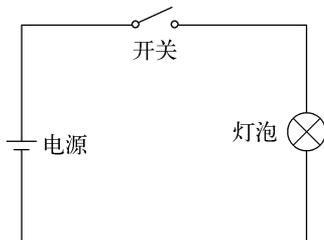


图 1-1-23 汽车后备箱灯电路图

答:后备箱灯点亮时,它的功率为 18 W,它的电阻为 8 Ω 。



学后测评

一、填空题

1. 电荷的国际单位_____,电压的国际单位_____,电阻的国际单位_____。
2. 电流的大小用_____来表示。
3. 电流通过导体时产生的_____,称为电热效应。
4. 电在单位时间内_____能力,简称为电功率。

二、选择题

1. 电流强度等于单位时间内穿过导体横截面的()代数和。
A. 电流 B. 电荷 C. 电流强度 D. 功率
2. 导体的电阻不但与导体的长度、截面有关,还与导体的()有关。
A. 湿度 B. 距离 C. 材质 D. 密度
3. 习惯上把()定向移动的方向作为电流的方向。
A. 电子 B. 正电荷 C. 中子 D. 原子
4. 将一根导线拉长3倍,它的阻值为原来的()倍。
A. 3 B. 9 C. $\frac{1}{3}$ D. $\frac{1}{9}$
5. 随电压或电流的大小而改变的电阻叫()。
A. 可变电阻 B. 固定电阻 C. 线性电阻 D. 非线性电阻

三、判断题

1. 电源的电动势等于电源的电压。 ()
2. 短路时,电路中的电流最大,产生的电能最多。 ()
3. 电动势的实际方向,规定由正极指向负极。 ()
4. 没有电压就没有电流,没有电流也就没有电压。 ()
5. 流过负载上的电流增大2倍,它所消耗的功率也增大2倍。 ()

四、简答题

1. 什么是电流? 电流的方向是如何规定的?
2. 什么是电压? 电压的方向是如何规定的?
3. 什么是电源的电动势? 它与电压的异同点?
4. 什么是电能? 它和电功率有何区别与联系?

课题三 电路的连接形式



学习目标

1. 理解串联电路、并联电路、混联电路的定义;