

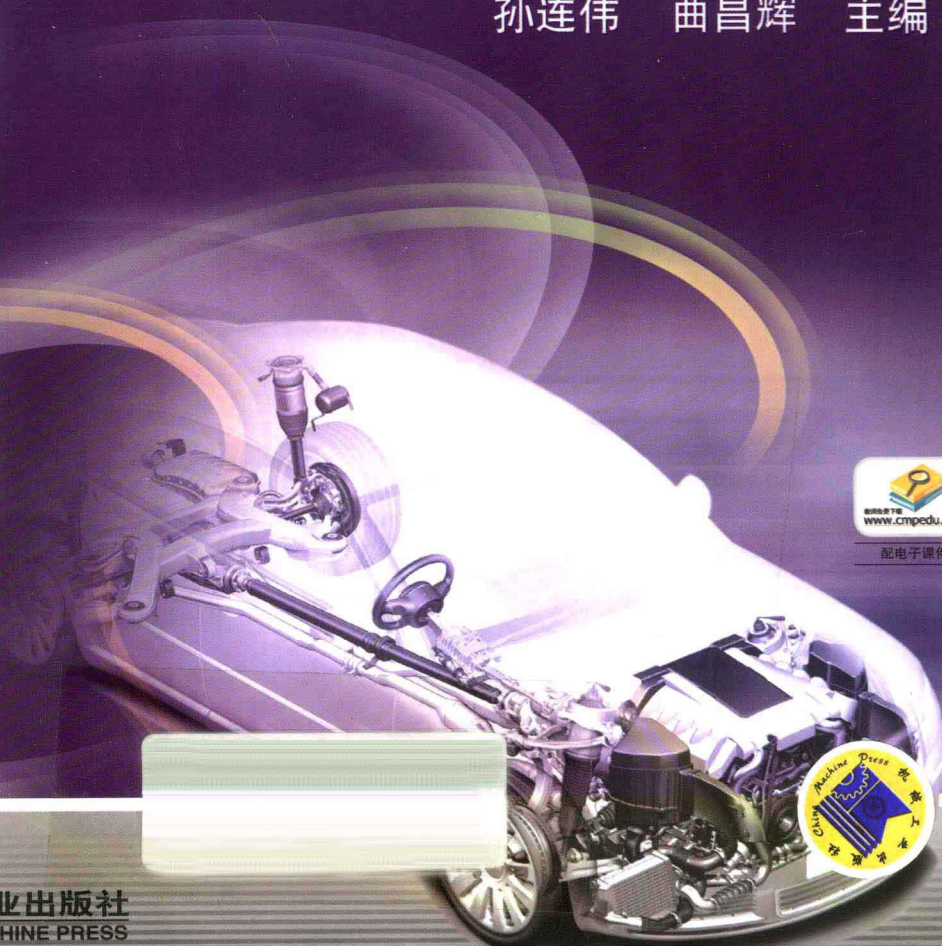
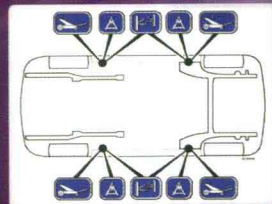
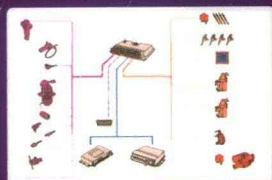


国家示范建设院校课程改革成果
高职高专汽车检测与维修技术专业优质核心课程系列教材

汽车基本电路和 电子器件检测与修复

QICHE JIBEN DIANLU HE DIANZI QIJIAN JIANCE YU XIUFU

辽宁省交通高等专科学校汽车工程系 组编
孙连伟 曲昌辉 主编



配电子课件
www.cmpeedu.com

机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

国家示范建设院校课程改革成果
高职高专汽车检测与维修技术专业优质核心课程系列教材

汽车基本电路和电子 器件检测与修复

辽宁省交通高等专科学校汽车工程系 组编

主 编	孙连伟	曲昌辉			
参 编	张风云	历承玉	明光星	杨艳芬	金 雷
	高元伟	王丽梅	郭大民	张丽丽	卢中德
	李泰然	黄宜坤	张西振	孔繁瑞	惠有利
	李雪峰	孙 涛	崔 波	赵维克	

机械工业出版社

本书是汽车检测与维修技术专业的核心课程教材,是基于国家示范性高等职业院校建设方案、设计与实施工作任务设计的项目课程教材。本书主要内容包括:汽车电路基础知识、汽车电路中应用磁路与感性元件的识读分析方法、半导体器件在汽车控制电路中的应用分析、逻辑及数字电路在汽车智能电子控制系统中的应用分析、汽车蓄电池故障检测与修复、汽车发电机故障检测与修复、汽车起动系统故障检测与修复、汽车点火系统电子基础部件的检测。

本书可作为高职高专院校汽车运用与维修专业的教学用书,也可作为各类汽车职业培训的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

汽车基本电路和电子器件检测与修复/孙连伟,曲昌辉主编.
—北京:机械工业出版社,2012.1

国家示范建设院校课程改革成果 高职高专汽车检测与维修
技术专业优质核心课程系列教材

ISBN 978-7-111-36741-3

I. ①汽… II. ①孙…②曲… III. ①汽车-电气设备-检修
-高等职业教育-教材 IV. ①U472.41

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第006755号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:葛晓慧 责任编辑:葛晓慧 黄红珍

版式设计:霍永明 责任校对:任秀丽

封面设计:赵颖喆 责任印制:杨曦

北京京丰印刷厂印刷

2012年3月第1版·第1次印刷

184mm×260mm·12.75印张·315千字

0 001—3 000册

标准书号:ISBN 978-7-111-36741-3

定价:25.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010) 88361066

门户网:<http://www.cmpbook.com>

销售一部:(010) 68326294

教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售二部:(010) 88379649

读者购书热线:(010) 88379203

封面无防伪标均为盗版

前 言

本书是汽车检测与维修技术专业的核心课程教材，是基于国家示范性高等职业院校建设方案、设计与实施工作任务设计的项目课程教材。

本书主要内容包括：汽车电路基础知识、汽车电路中应用磁路与感性元件的识读分析方法、半导体器件在汽车控制电路中的应用分析、逻辑及数字电路在汽车智能电子控制系统中的应用分析、汽车蓄电池故障检测与修复、汽车发电机故障检测与修复、汽车起动系统故障检测与修复、汽车点火系统电子基础部件的检测。

本书较系统地介绍了汽车基本电路系统各零部件的结构、原理、拆装、检修及常见故障的诊断与排除，通过汽车上应用广泛的电子元器件来解释电子学的理论知识，将传统的电子学内容整合到本教材中，由浅入深、通俗易懂。在编写的过程中力求将高等职业教育发展的新形式和国内外汽车工业发展的新知识、新技术相结合，并贯彻一体化教学的要求，体现生产一线技术与管理实际需要紧密结合，并和职业资格或职业岗位能力紧密结合，有较强的针对性和实用性。

本书由孙连伟、曲昌辉主编，参加编写的还有张凤云、历承玉、明光星、杨艳芬、金雷、高元伟、王丽梅、郭大民、张丽丽、卢中德、李泰然、黄宜坤、张西振、孔繁瑞、惠有利、李雪峰、孙涛、崔波、赵维克。

编 者

目 录

前言

学习情境 1 汽车电路基础知识	1
学习任务 1 汽车电路概述及电路基本物理量	1
学习任务 2 电路的状态、负载的额定值及电路导线的选择	7
学习任务 3 电路元件	15
学习情境 2 汽车电路中应用磁路及感性元件的识读分析方法	27
学习任务 1 感（磁）性电器元件在汽车上的应用与检测	27
学习任务 2 铁心线圈电路、变压器、电磁铁与继电器在汽车电路中的应用分析	36
学习情境 3 半导体器件在汽车控制电路中的应用分析	49
学习任务 1 半导体基础知识及二极管简介	49
学习任务 2 晶体管在汽车控制电路中的应用	61
学习任务 3 直流稳压电源、整流电路、滤波电路和稳压电路	90
学习情境 4 逻辑及数字电路在汽车智能电子控制系统中的应用分析	102
学习任务 1 数字电路基础、基本门电路及组合逻辑电路	102
学习任务 2 触发器及时序逻辑电路、集成定时器（拓展知识）	119
学习情境 5 汽车蓄电池故障检测与修复	137
学习任务 1 蓄电池的故障检测	138
学习任务 2 汽车蓄电池的充电	143
学习情境 6 汽车发电机故障检测与修复	147
学习任务 1 汽车发电机的检测	147
学习任务 2 电压调节器的检测	157
学习情境 7 汽车起动系统故障检测与修复	162
学习任务 1 起动机的检修	163
学习任务 2 起动系统故障检测	174
学习情境 8 汽车点火系统电子基础部件的检测	181
学习任务 点火系统电子基础部件的拆装与检测	181
参考文献	200

学习情境1 汽车电路基础知识

学习目标

1. 了解汽车电器元件的组成、功能并分析其工作原理。
2. 能够使用各种媒体查阅汽车电路的资料。
3. 制定汽车基本电路检查与调整的典型计划。
4. 能够使用专用仪器设备及工具对汽车电子元器件进行检测与调整，能准确测量技术数据并与维修资料进行比较，从而找到故障点所在。
5. 掌握判别汽车电路电子元器件检查与调整的逻辑思维、实施步骤和具体方法。
6. 能够对产生故障的零部件进行修复或更换。
7. 能详细解读维修接车单。
8. 能对检修测量项目作记录并存档。
9. 能评价检修结果。

情境导入

客户报修，捷达轿车倒车灯常亮不熄。维修技师分析该倒车灯由倒车灯开关控制，倒车灯开关位于变速器上。当挂入倒档进行倒车时，变速器内的触杆推动倒车灯开关使之闭合，使电路导通点亮倒车灯。倒车灯常亮不熄，说明该电路始终是通路。维修技师怀疑倒车灯开关一直处于闭合状态，可先对倒车灯开关电路进行检查。阅读该轿车的电路图，分析该车的倒车灯开关的控制原理及电路状态，根据分析结论确定检修内容。

故障排除方法：先拔下倒车灯开关上的接触插头，倒车灯可熄灭，说明故障是由倒车灯开关引起的，更换倒车灯开关后故障排除。

学习任务

学习任务1 汽车电路概述及电路基本物理量

【任务描述】

通过对上述汽车电路故障的检测，熟悉并掌握汽车电路的作用、组成及特点，理解电流、电压、电动势、电位、电功及电功率的概念，掌握电流、电压、电动势方向的规定，能够计算相关的物理量，这些是理解汽车电路图的基础，是从事汽车电器维修必备的理论知识。

【理论知识】

一、汽车电路及其组成

1. 汽车电路的概念

把一些电器设备或元器件按其所要完成的功能用一定方式连接而成的电流通路称为电路。

现代汽车有越来越多的电器设备，要使这些电器设备工作，需要用导线把车体、电源、过载保护器件、控制器件及用电设备装置连接起来，构成能使电流流通的通路，即汽车电路。

2. 汽车电路的组成

一个完整的电路由电源、负载和中间环节（包括开关、导线和控制设备等）三部分组成。对汽车电路而言，其组成为以下几部分。

电源：电源是提供电路所需电能的装置，它将非电能如化学能、机械能等转化成电能，并向电路提供能量。汽车电源包括蓄电池和发电机等。如蓄电池是将化学能转化成电能，发电机是将机械能转化成电能。

作为电源，蓄电池和发电机在汽车上并联工作，发电机是主电源，蓄电池是辅助电源。当发电机工作时，由发电机向整车的用电设备供电，并同时给蓄电池充电；当发电机不工作时，如发动机起动时，由蓄电池向起动机和点火系统（汽油机）等用电设备供电。

负载：负载是指电路中能将电能转化成非电能的用电设备，如照明灯、起动机、车用加热器、汽车音响、电视、空调等及各种电子控制器件等。

中间环节：过载保护器件、控制器件和导线等。

作为中间环节的过载保护器件包括熔丝、电路断电器及易熔线等。其中电路断电器用于前照灯、电动座椅、门锁及电动门窗等电路中。控制器件除了传统的手动开关、压力开关、温控开关外，现代汽车还大量使用电子控制器件，如电子模块等。导线用于连接各种设备及装置构成汽车电路。此外汽车上通常用车体代替部分从用电器返回电源的电线。

3. 电路图

电路图是指用多个电器符号组合模拟的实际电路。图 1-1 所示为一个简单的汽车照明电路图。电路图主要用于对电路进行定性分析或定量计算。若把众多的电器元器件理想化，即考虑其主要电磁性能，忽略其次要因素，就可用有限的理想电路元器件代替种类繁多的电气设备和器件。这样，电路及其分析将大大简化，这种电路称为模型电路。图 1-2 为图 1-1 理想化后的电路图。

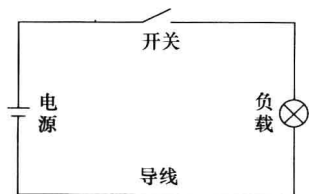


图 1-1 简单的汽车照明电路图

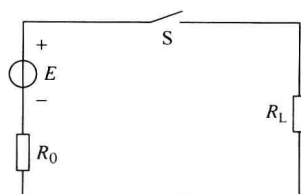


图 1-2 理想化后的电路图

二、汽车电路的作用

汽车电路的作用有两类：一是可以实现能量的传输与转化。如汽车发电机（或蓄电池）

将其他形式的能转化成电能，再通过过载保护器件、控制器件和导线等将电能输送给汽车电器设备，这些电器设备再将电能转化成机械能、热能、光能或其他形式的能量；二是可以实现信号的传递和转换。汽车上的传感器电路、通信电路、音响电路都是信号电路，如传感器将拾取的微弱的物理信号转换为电信号，经过放大器放大后送给执行器件，再把电信号转换为其他物理信号。

三、汽车电路的特点

汽车电路中负载种类繁多，功能各异，但都必须与汽车电路的特点相一致，主要包括：

1. 低压

汽车电器系统的额定电压有12V、24V两种。采用汽油为燃料的车辆普遍采用12V电源系统，而大型柴油车多采用24V电源系统。

随着汽车电子装置数量的逐渐增多，消耗的电能也在大幅度增加，目前世界各国正在研究采用48V电源系统，今后将采用集成起动机-发动机一体化的42V供电系统，发电机最大输出功率将会由1kW提高到8kW左右，发电效率将会达到80%以上。

2. 直流

汽车电路采用的直流系统主要是从给蓄电池充电方便的角度考虑的。

3. 单线并联

单线制是指从电源到用电设备只用一根导线连接，而用汽车底盘和发动机等金属机体作为另一公用导线。由于单线制节省导线、线路清晰、安装和检修方便，且电器也不需要与车体绝缘，因此现代汽车均采用单线制供电。图1-3所示为单线制和双线制电路的比较。

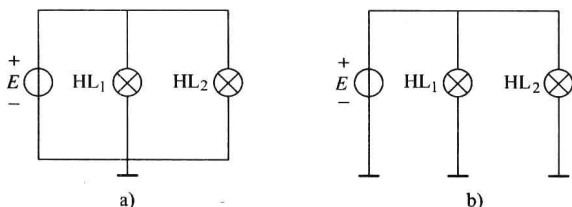


图1-3 单线制和双线制电路的比较

a) 双线制电路 b) 单线制电路

另外，汽车电器设备工作时所需要的工作电压均为同一电压12V或24V，因此所有汽车电器设备均为并联关系。

4. 负极搭铁

采用单线制时，蓄电池的一个电极需接在车架上，俗称“搭铁”。将蓄电池的负极接车架称为“负极搭铁”，反之称为“正极搭铁”。我国统一规定汽车电器系统为“负极搭铁”。

5. 线路有颜色和编号特征

线路有颜色和编号特征主要是考虑汽车检测与维修方便。

四、电流

1. 电流的概念

电路中带电粒子在电源作用下的有规则的移动形成电流。金属导体中的带电粒子是自由电子，半导体中的带电粒子是自由电子和空穴，电解液中的带电粒子是正、负离子，因此电流既可以是负电荷也可以是正电荷或者正、负电荷都有的定向运动的结果。

电流的强弱用电流强度来表示,其数值等于单位时间内通过导体某一横截面的电荷量。设在 dt 时间内通过导体某一横截面的电荷量为 dq , 则通过该截面的电流强度为

$$i = \frac{dq}{dt} \quad (1-1)$$

可见,电流强度是随时间而变的。如果电流强度不随时间而变,则这种电流就称为恒定电流,即直流。在直流电路中,式(1-1)可写成

$$I = \frac{Q}{t} \quad (1-2)$$

式中, Q 是电量,单位为库仑(C); t 是时间,单位为秒(s); I 是电流,单位为安培(A)。

$1\text{A} = 1\text{C/s}$ 。计量微小电流时,以毫安(mA)或微安(μA)为单位。其换算关系为 $1\text{A} = 10^3\text{mA} = 10^6\mu\text{A}$ 。

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。

2. 电流的类型

电流分为直流电流和交流电流。直流电流其大小和方向不随时间的变化而变化。交流电流的大小和方向遵循正弦规律变化,在后文中将会介绍。

3. 电流的测量

工具:电流是用电流表进行测量的。通常测量电学参数均使用万用表。

连接方法:测量电流时,必须将电流表始终与用电器串联在一起。测量时必须断开电路导线,以将电流表串入电路中。

在汽车电路中需要测量电流时,常用电流钳来测量。使用电流钳时不必串入被测电路之中,汽车常用电流钳如图1-4所示。如果待测电流大于10A,那么用电流钳测量电流的优势非常突出。用电流钳测量电流的另一个优点是测量时无需打开电路,测量简单方便。

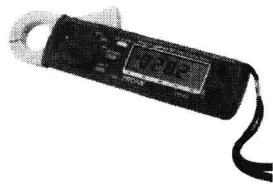


图1-4 汽车常用电流钳

若使用万用表测量电流,需要注意:电流类型,即交流电流或直流电流(AC/DC);开始时应选择较大的量程;测量直流电流时注意极性;测量后要将电流表调到最大的交流电压量程(无电源开关的指针式万用表)。

五、电压

1. 电压的概念

电压是描述电场力对电荷做功的物理量。在电路中,如果正电荷由A点移到B点时电场力所做的功为 dW ,那么A、B两点间的电压为

$$u_{AB} = \frac{dW}{dq}$$

也就是说,电场力把单位正电荷由A点移到B点所做的功在数值上等于A、B两点间的电压。在直流电路中,上式可写成

$$U = \frac{W}{Q}$$

式中, U 是电压,单位为伏特(V)。

当电场力把1C的电荷从某一点移到另一点所做的功为1J时,该两点间的电压即为1V,即 $1\text{V}=1\text{J}/\text{C}$ 。工程上常用千伏(kV)、毫伏(mV)等作为单位,其换算关系为 $1\text{kV}=10^3\text{V}=10^6\text{mV}$ 。

电压的方向规定为从高电位点指向低电位点,即电压降落的方向。

2. 电压类型

电压分为直流电压和交流电压。

直流电压是指电压的大小和极性保持不变的电压,也称为恒定(理想)直流电压,其波形如图1-5所示。蓄电池、发电机(部分接有整流器)、光电池(太阳能系统)等都提供直流电压。

大小和方向随时间做周期性变化、并且在一个周期内的平均值为零的电压、电流和电动势统称为交流电。如交流电压 $u=U_m\sin(\omega t+\varphi)$,其波形如图1-6所示。

正弦交流电包括三要素:幅值、角频率和初相。如图1-6所示,幅值是指正弦量的最大瞬时值,代表正弦量的强度,如 U_m 。角频率是指正弦量在单位时间内变化的角度,代表正弦量的变化进程,如 ω 。初相是指正弦量的起始位置,如 φ 。

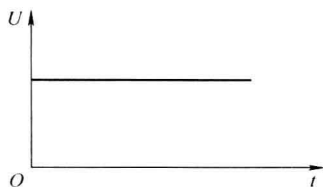


图1-5 直流电压波形

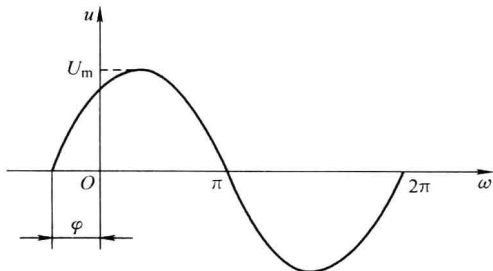


图1-6 正弦交流电压的波形

(1) 周期、频率和角频率 周期是正弦交流电变化一周所需要的时间,用“ T ”表示,单位为s。频率是正弦交流电在单位时间内完成变化的周数,用“ f ”表示,单位为Hz。周期和频率的关系为

$$f = \frac{1}{T} \quad (1-3)$$

根据角频率的概念可知角频率和周期、频率的关系为

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f \quad (1-4)$$

(2) 瞬时值、最大值和有效值 瞬时值是正弦交流电在任意瞬时所对应的值,如 u 、 i 、 e 等。最大值是正弦交流电在一个周期内的最大瞬时值,也称幅值或峰值,如 I_m 、 U_m 、 E_m 等。有效值是根据交流电流与直流电流热效应相等的原则规定的,即交流电流的有效值是热效应与它相等的直流电流的数值,用大写字母 I 、 U 、 E 等表示。有效值与最大值之间的关系为

$$U_m = \sqrt{2}U \quad (1-5)$$

常说的民用电是220V,即为有效值,而其幅值是 $U_m = \sqrt{2}U = \sqrt{2} \times 220\text{V} \approx 311\text{V}$ 。电器设备上标注的额定电压、额定电流等均指有效值。用万用表等测得的交流电数值亦为有效值。

(3) 相位、初相位和相位差 相位是表示正弦交流电随时间变化进程的物理量,也叫相位角,如 $\omega t + \varphi$ 。

初相位 φ 是 $t=0$ 时的相位。

相位差是两个同频率正弦量相位之差。

六、电动势

电动势是描述电源中非电场力(也叫电源力)对电荷做功本领的物理量。在电路中,正电荷在电场力作用下不断从正极移向负极,如果没有一种外作用力,正极因正电荷的减少会使电位逐渐降低,而负极则因正电荷的增多会使电位逐渐升高,正、负极板间的电位差就会减小,最后为零。为了维持电流,必须使正、负极板间保持一定的电压,这就要借助非电场力使移动到负极的正电荷经电源内部移到正极。电动势在数值上等于非电场力将单位正电荷从电源负极经电源内部移到电源正极所做的功,用 U_s (有时也用 E) 表示。

电动势的方向规定为在电源内部由低电位端指向高电位端,即电位升高的方向。电动势的方向也可用箭头、双下标或“+”、“-”极性表示。电动势的单位与电压的单位相同,也用“V”表示。

七、电功和电功率

设直流电路中 A、B 两点的电压为 U , 在时间 t 内电荷 Q 受电场力作用从 A 点经负载移动到 B 点, 电场力所做的功为

$$W = UQ = UIt \quad (1-6)$$

这就是在 t 时间内所消耗(或吸收)的电能,而单位时间内消耗的电能称为电功率(简称功率),即负载消耗(或吸收)的电功率。

$$P = \frac{W}{t} = UI \quad (1-7)$$

在时间 t 内,非电场力将电荷 Q 从电源负极经电源内部移到正极所做的功为

$$W_s = U_s Q = U_s I t \quad (1-8)$$

非电场力产生(或发出)的电功率

$$P_s = U_s I \quad (1-9)$$

在一个电路中,电源产生的功率与负载、导线以及电源内阻上消耗的功率总是平衡的,遵循能量守恒和转换定律。

功的单位是焦耳(J),功率的单位是瓦特(W)。此外还有千瓦(kW)、毫瓦(mW),其换算关系为 $1\text{kW} = 10^3\text{W} = 10^6\text{mW}$ 。

八、电位

在电器设备的调试和检修中,经常要测量某个点的电位高低,看其是否符合设计要求。电位是度量电势能大小的物理量,在数值上等于电场力将单位正电荷从该点移到参考点所做的功,用符号“V”表示。由此可以看出:电路中任意一点的电位,就是该点与参考点之间的电压,而电路中任意两点之间的电压,等于这两点电位之差。因此,电位的测量实质上就是电压的测量,即测量该点与参考点之间的电压。电压与电位的关系为

$$U_{AB} = V_A - V_B \quad (1-10)$$

由此可以说明:在一个电路中,参考点选择位置不同,电路中各点电位也不同,但任意两点间的电位差即电压不变。电路中各点的电位高低是相对于参考点而言的,而两点间的电

压则与参考点的选择无关。即电位具有相对性，电压具有绝对性。如果不选择参考点去讨论电位是没有实际意义的。

在电工电子技术中，原则上电位参考点的选取是任意的，但为了统一，工程上常选大地为参考点，在电路图中用符号“≡”表示。机壳需要接地的电子设备，可以把机壳作为参考点。有些电子设备机壳虽然不一定接地，但为分析方便，可以把它们当中元器件汇集的公共端或公共线选作参考点，也称为“地”，在电路图中用“⊥”来表示。

在汽车电路中，搭铁点即为汽车电路的电位参考点（汽车电路图中“⊥”表示搭铁点）。在汽车电器的检修过程中所测量的电位值实质即为被测点与搭铁点之间的电压。

【例 1-1】 试计算图 1-7 所示电路中 B 点的电位。

解：电路中的电流为

$$I = \frac{V_A - V_C}{R_1 + R_2} = \frac{6 - (-9)}{(100 + 50) \times 10^3} \text{ A} = 10^{-4} \text{ A} = 0.1 \text{ mA}$$

$$U_{AB} = V_A - V_B = R_2 I = (50 \times 0.1) \text{ V} = 5 \text{ V}$$

$$V_B = V_A - R_2 I = (6 - 5) \text{ V} = 1 \text{ V}$$

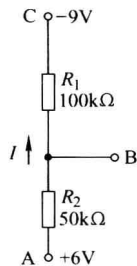


图 1-7

【工作流程】

一、准备工作及事故预防

- 1) 准备汽车灯光电路板或者整车、万用表等。
- 2) 注意汽车电源电压及电路检测的正确方法，预防电路检测过程中对仪器及电路的损坏。

二、电路物理量分析及检测流程

1) 了解汽车电路图特点，指导教师根据具体电路图解释汽车电路组成及基本物理量的检测方法。

2) 学生根据汽车灯光电路及汽车电压特点完成灯光电路中基本物理量的测试。

三、工作质量控制

1) 检查工作计划的所有项目并确认都已认真完成，并在解释的范围内做出全面解释。

①汽车电路的组成。

②汽车电路中物理量测量前的准备工作。

③电位、电流的测试过程。

2) 检查安全、环保方面的工作是否到位。

3) 检查是否遵守安全规程。

4) 检查车辆、发动机或者教学仪器是否干净整洁，工具是否已整理。

5) 结合检测结果，指出电路方面的故障。

学习任务 2 电路的状态、负载的额定值及电路导线的选择

【任务描述】

检测汽车电路，必须了解汽车电路的空载、短路和负载三种状态的概念和特征，了解短

路防护措施,掌握常见汽车电路故障及其检测工具,了解电器设备的额定电压、额定电流及额定功率的意义及在实际应用中注意的问题,了解汽车电路中导线的使用情况,这些是检测汽车电路的基础。

【理论知识】

电路有空载、短路和负载三种工作状态。现就图 1-8 所示的简单电路来讨论当电路处于三种不同状态时的电压、电流和功率等的特点。 U_1 表示电源的端电压 U_{AB} , U_2 表示负载的端电压 U_{CD} 。

一、电路的状态

1. 负载状态

电路的负载状态是指一般的有载工作状态,如图 1-8 所示。此时电路特征如下:

1) 电路中的电流 I 由负载电阻 R 的大小决定。

$$I = \frac{U_s}{R_0 + R} \quad \text{或} \quad U_1 = U_s - R_0 I$$

由上式可知: U_1 小于电源电动势 U_s , 两者之差为电流通过电源内阻所产生的电压降, 电流越大, 则电源端电压下降得越多。

2) 电源的输出功率 P_1 为电源电动势发出的功率 $U_s I$ 减去内阻上消耗功率 $R_0 I^2$ 。

$$P_1 = U_1 I = (U_s - R_0 I) I = U_s I - R_0 I^2$$

可见, 电源发出的功率等于电路各部分所消耗的功率之和, 即整个电路中的功率是平衡的。

2. 空载状态

空载状态又称断路或开路状态, 如图 1-9 所示。当电路空载时, 外电路电阻可视为无穷大, 其电路特征如下:

1) 电路中电流为零, 即 $I=0$ 。

2) 电源端电压等于电源的电动势, 即 $U_1 = U_s - R_0 I = U_s = U_{oc}$ 。

U_{oc} 称为空载电压或开路电压。由此可以得出粗略测量电源电动势的方法。

3) 电源的输出功率 P_1 和负载吸收的功率 P_2 均为零。即 $P_1 = U_1 I = 0$, $P_2 = U_2 I = 0$ 。

3. 短路状态

当电源的两输出端 (A、B) 由于某种原因相接触时, 会造成电源被直接短路, 即短路状态, 如图 1-10 所示。当电源短路时, 外电路电阻可视为零, 此时电路特征如下:

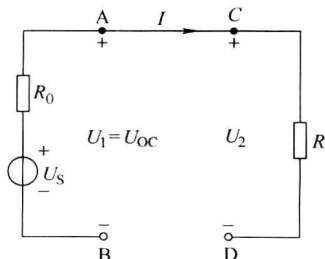


图 1-9 电路的空载状态

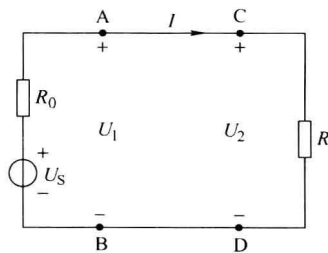


图 1-8 电路的负载状态

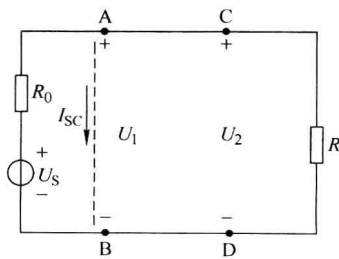


图 1-10 电路的短路状态

1) 电源中电流最大, 外电路输出电流为零。短路电流为

$$I_{sc} = \frac{U_s}{R_0} \quad (1-11)$$

2) 电源和负载的端电压均为零。

$U_1 = U_s - R_0 I_{sc} = 0$, $U_2 = 0$, 此时 $U_s = R_0 I_{sc}$, 表明电源的电动势全部降落在电源的内阻上, 因而无输出电压。

3) 电源对外输出功率 P_1 和负载吸收的功率 P_2 均为零, 即 $P_1 = U_1 I = 0$, $P_2 = U_2 I = 0$ 。说明电源电动势所发出的功率全部被内阻消耗, 即 $P_s = U_s I_{sc} = U_s^2 / R_0 = I_{sc}^2 R_0$ 。

电源短路是一种严重事故, 可使电源的温度迅速上升, 以致烧毁电源及其他电器设备。通常在电路中装有熔断器等短路保护装置。

熔断器包括熔丝和易熔线两种, 其电路符号如图 1-11 所示。熔丝是一种极薄的金属条, 当大于所设定的电流流过它时即会烧毁, 从而切断电流并保护电路不受损坏。易熔线是一种插入电路回路中的大容量熔线, 它可在过载时烧毁, 从而保护电路。

熔体(熔片或熔丝)的材料是锌、锡、铅、铜等金属的合金, 一般装在玻璃管中或直接装在盒内, 用于负荷不大的电路。熔体能承受额定电流下负载的长时间工作。熔体的熔断时间取决于流过的电流的大小和本身的结构参数。汽车用熔断器要求当流过的电流为额定电流的 110% 时不熔断; 当流过的电流为额定电流的 135% 时, 在 60s 以内熔断; 当流过的电流为额定电流的 150% 时, 20A 以内的熔丝在 15s 以内熔断, 30A 的熔丝在 30s 以内熔断。汽车熔丝外形如图 1-12a 所示。

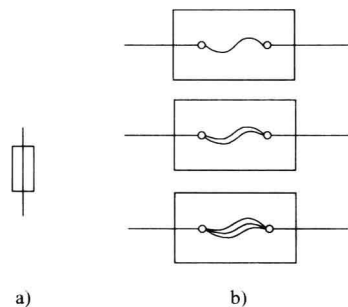


图 1-11 熔断器、熔丝和易熔线的电路符号
a) 熔断器 b) 熔丝和易熔线

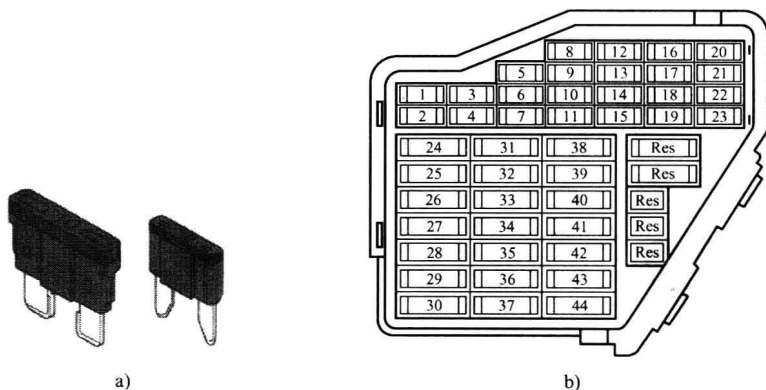


图 1-12 汽车熔丝外形图及熔丝盒
a) 熔丝外形图 b) 熔丝盒

为了便于检查和更换熔断器, 汽车上将各电路的熔丝集中安装在一起, 形成一只保护数

条电路的熔丝盒。图 1-12b 所示为奥迪某车型的熔丝盒。熔丝盒内有插片，插片上绕有备用熔丝，以便更换时使用。

【例 1-2】 图 1-13 所示的简单电路可供测量电源的电动势 U_s 和内阻 R_0 。若开关 S 打开时电压表读数为 6V，开关闭合时电压表读数为 5.8V，负载电阻 $R = 10\Omega$ ，试求电源电动势 U_s 和内阻 R_0 （电压表的内阻可视为无限大）。

解： 设电压 U 、电流 I 的参考方向如图所示，当开关 S 断开时

$$U = U_s - R_0 I = U_s$$

所以此时电压表的读数，即为电源的电动势 $U_s = 6\text{V}$ 。当开关 S 闭合时，电路中的电流为

$$I = \frac{U}{R} = \frac{5.8}{10} \text{A} = 0.58 \text{A}$$

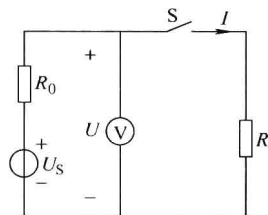


图 1-13 简单电路

故内阻

$$R_0 = \frac{U_s - U}{I} = \frac{6 - 5.8}{0.58} \Omega = 0.345 \Omega$$

二、常见汽车电路故障及检测

1. 接触电阻

汽车电器设备在经过一段时间之后连接部位在空气、湿气、污物和侵蚀性气体的作用下出现氧化现象，这种氧化作用会使连接部位的接触电阻增大，并在连接单位产生电压降，从而导致电路中电流减小。因此用电器内实际消耗的功率减小。例如因氧化作用造成汽车前照灯导线电压降为 10% 时，前照灯内的实际功率就会减小大约 20%。

接触电阻较小且电流只有几安时，电压降可忽略不计。

当电路中接有电流较大的用电器时，可能会出现严重影响用电器功能的电压降。但由于无法用万用表测量较小的接触电阻，因此必须通过测量闭合电路内的电压来确定该电阻值。

如图 1-14 所示，电路中灯泡两端的电压为 9V，而其正常电压应为 12V。说明除灯泡外，还存在一个电阻正在分压。通过检测发现开关两端电压为 3V，说明开关存在电阻，可能是因为接触不良造成的。

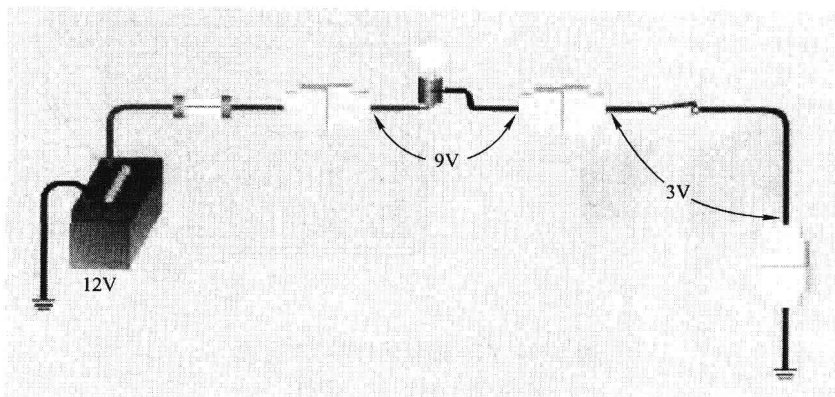


图 1-14 接触电阻

2. 短路

在汽车电路中，由于某种原因在电源两电极之间出现了直接的导电连接。也称为电气短路，如图 1-15 所示。短路通常是由于绝缘不良或由于电气系统及电路出现电路故障造成的。

短路的特征是在电压几乎为零的同时，电流达到最大值。导体因无法承受短路电流而在导体上产生火花或过热。如果短路电流没有受到限制，可能导致没有熔丝保护的导线或电缆过热而损坏。

当电路中出现短路时，熔丝必须熔断，同时以最快的速度将短路部位与其他正常的供电网络断开。图 1-16a 所示为电路短路造成熔丝熔断。

汽车电路中产生短路往往是因为线路和接地发生短路，才可能引起电流过大。如图 1-16b 所示，测量电路各处的电阻值，在 B 侧的对地电阻为 0Ω 。表明插接器 B 对地短路，从而引起电流过大使熔丝熔断。

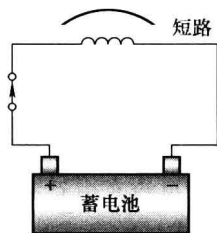


图 1-15 电气短路

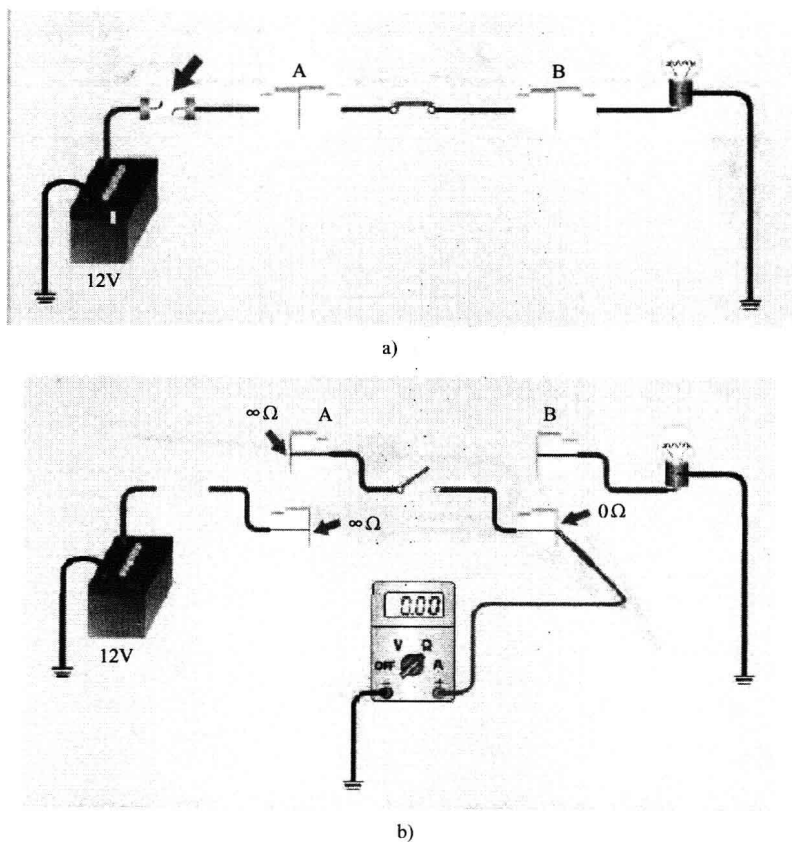


图 1-16 电路短路使熔丝熔断

3. 断路

断路时电路无法闭合，即所需要的电流中断，如图 1-17 所示。断路通常是由于插接连接问题造成的。断路的结果是电气组件无法工作，例如白炽灯、加热电阻、扬声器等。

图 1-18 所示的电路中，假设灯泡不亮或一个电器设备工作不正常，通过电压测试其结果如图 1-18 上标注所示，这说明插头 C 处断路，阻断了电流。

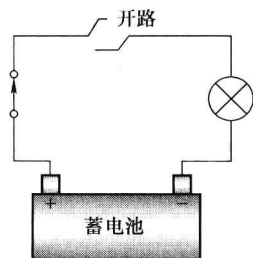


图 1-17 电路断路

三、常见汽车电路故障检测工具

常见汽车电路故障检测工具有试灯、跨接线、试电笔、万用表（指针式、数字式）、示波器、点火正时枪、故障诊断仪等。

1. 试灯

如图 1-19 所示，试灯的手柄是透明的，里面装有一只小灯泡（一般为发光二极管）。手柄的一端伸出带尖的探头，另一端引出带夹子的搭铁线。当夹子夹住搭铁端时，如果探头和带电的部位接触，试灯就会亮起。

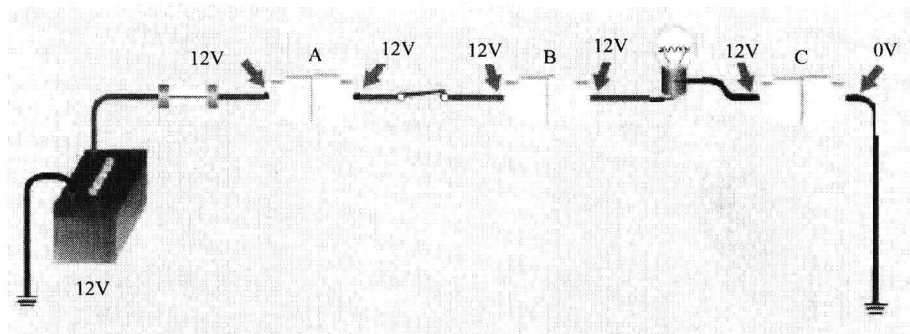


图 1-18 断路的检测

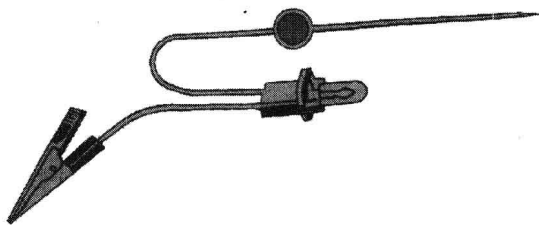


图 1-19 试灯

2. 跨接线

如图 1-20a 所示，跨接线就是一条两头带夹子的导线。应用时主要是用跨接线旁路（跨接）掉电路中的开关、导线、插接器等有可能有故障的部件。如图 1-20b 所示，跨接线的一端接蓄电池的正极，另一端跨过熔断器，以便为要检查的部件提供良好的 12V 电源。另一条跨接线跨接搭铁点，以便为灯泡提供较好的搭铁。