

电工技能
大课堂

汽车电工 基本技能

QICHE DIANGONG
JIBENJINENG

● 杨志民 主编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

电工技能
大课堂

汽车电工 基本技能

杨志民 主 编

张校珩 王可山
贾新泉 宋英杰 等参编
贾志勇 张伯虎



中国电力出版社

CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书以易懂好学的方式讲解了汽车电工应知应会的基础知识和基本操作技能，是一本适合汽车电工初学者学习和实践的技术入门书。

本书主要内容包括电工和电子技术基础、汽车蓄电池、充电系统、启动系统、传统点火系统、电子点火系统、汽车仪表、汽车照明与信号系统、汽车辅助电器装置、汽车空调系统、电气系统的维修。

本书适合汽车维修初学者及其他汽车维修从业人员阅读，也可作为大中专、中职院校及各种短期培训班，以及农民工、再就业工程培训的教材或教学参考书。

图书在版编目（CIP）数据

汽车电工基本技能 / 杨志民主编. —北京：中国电力出版社，
2012.6

（电工技能大课堂）

ISBN 978-7-5123-3154-9

I. ①汽… II. ①杨… III. ①汽车—电工—基本知识
IV. ①U463.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2012）第 123499 号

中国电力出版社出版、发行

（北京市东城区北京站西街 19 号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>）

航远印刷有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2012 年 9 月第一版 2012 年 9 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 32 开本 22.125 印张 550 千字 9 插页

印数 0001—3000 册 定价 44.00 元

敬 告 读 者

本书封底贴有防伪标签，刮开涂层可查询真伪
本书如有印装质量问题，我社发行部负责退换

版 权 专 有 翻 印 必 究



前言



近年来,世界汽车工业的发展日新月异,随着我国汽车制造企业与世界著名汽车厂家的联合,汽车工业在我国有了长足的发展,已成为我国的支柱产业。由于汽车上使用的新技术、新结构不断增多,传统的维修方法相对落后,相关部分的构造原理和检修方法还不为广大从事汽车维修的专业人员所熟知。为了使广大汽车电工及电工爱好者快速掌握相关技术,特编写本书。

本书系统地介绍了现代汽车电气设备的构造、维护、常见故障及诊断、主要零部件的检修方法等,内容力求深入浅出,语言通俗易懂,有助于初学者学习掌握。本书主要内容包括电工和电子技术基础、汽车蓄电池、充电系统、启动系统、传统点火系统、电子点火系统、汽车仪表、汽车照明与信号系统、汽车辅助电器装置、汽车空调系统、电气系统的维修。

本书由杨志民担任主编,参加本书编写的工作人员还有张校珩、王可山、贾新泉、宋英杰、贾志勇、万永静、万宝松、张伯虎等,本书在写作过程中,参考了大量的书刊和相关资料,在此成书之际向这些书刊和资料作者一并表示衷心感谢。

本书适合汽车电工初学者及其他电工从业人员阅读,也可作为大中专、职业院校及各种短期培训班以及农民工、再就业工程培训的教材或教学参考书。

由于作者水平所限,书中疏漏和不妥之处在所难免,敬请读者批评指正。

编者



目 录



前言



第一章 电工和电子技术基础.....1

- 第一节 直流电路.....1
- 第二节 电磁现象与磁路.....16
- 第三节 交流电路.....28
- 第四节 二极管.....37
- 第五节 三极管.....42
- 第六节 晶闸管.....48
- 第七节 集成电路.....49
- 第八节 微型电子计算机.....54
- 第九节 汽车综合诊断仪的使用.....60



第二章 汽车蓄电池.....65

- 第一节 铅蓄电池的功用及特点.....65
- 第二节 铅蓄电池的种类、构造.....66
- 第三节 铅蓄电池的工作原理及特性.....79
- 第四节 铅蓄电池的技术性能参数.....85
- 第五节 铅蓄电池充电.....91
- 第六节 铅蓄电池常见故障及排除.....97



第三章 充电系统.....103

- 第一节 概述.....103
- 第二节 汽车用普通交流发电机.....108
- 第三节 交流发电机其他形式.....118
- 第四节 交流发电机的使用与维护.....124

第五节	交流发电机电压调节器	144
第六节	电子调节器	150
第七节	交流发电机调节器的检测及充电系统故障判断	171



第四章 启动系统..... 199

第一节	概述	199
第二节	启动机的结构与原理	203
第三节	启动机型号规格及参数	219
第四节	启动机的使用与维护	226
第五节	启动系统常见故障诊断与排除	249



第五章 传统点火系统..... 260

第一节	概述	260
第二节	传统点火系统各组件的构造	265
第三节	传统点火系统主要故障及其判断	289
第四节	传统点火系统的检修	299



第六章 电子点火系统..... 318

第一节	概述	318
第二节	电子点火系统的结构与原理	320
第三节	电子点火系统装置的检修	338
第四节	电子点火系统故障诊断与排除	349



第七章 汽车仪表..... 354

第一节	传统汽车仪表与检修	354
第二节	电子仪表与显示装置及其检修	375



第八章 汽车照明与信号系统..... 391

第一节	汽车照明系统	391
-----	--------	-----

第二节	汽车信号灯与闪光器	402
第三节	电喇叭及其故障与排除	411
第四节	汽车报警信号装置	419



第九章	汽车辅助电器装置	424
-----	----------------	-----

第一节	风窗刮水、洗涤和除霜装置	424
第二节	自动操作装置	431



第十章	汽车空调系统	450
-----	--------------	-----

第一节	概述	450
第二节	汽车空调制冷系统	454
第三节	汽车空调暖风系统	479
第四节	汽车空调通风系统	485
第五节	汽车空气净化系统	487
第六节	汽车空调控制系统	489
第七节	汽车空调系统的常见故障及维修	506



第十一章	电气系统的维修	541
------	---------------	-----

第一节	普通轿车电气系统的维修	541
第二节	柴油车电气系统维修	580
第三节	高档轿车电气系统维修	601

第一章

电工和

第一节 直流电路

一、电路、电路图及电路参数

1. 电路和电路图

电路是指电流流过的路径。完整的电路由电源、负载、中间环节三个基本要素组成，如图 1-1 所示。

(1) 电源是指化学能、机械能等非电能转化成电能的装置，如电池、发电机等。

(2) 负载（通常称用电设备）是指将电能转换为其他形式能的元器件或设备。如电灯、电动机、点烟器、火花塞、扬声器、电喇叭、显示器等。

(3) 中间环节是指电路中既不会产生电也不会消耗电（一般指消耗的电能可忽略不计）的导线、开关、熔丝、继电器、测量仪表、变压器、电子放大或控制器等，是一些仅对电能起传递、控制、变换、监测、保护及报警作用的装置。

将电路中的实物用简单符号绘制的图称做电路图。为规范画法便于交流，各个国家均颁布有电气图形符号及文字符号标准，图 1-1 (b) 所示就是图 1-1 (a) 的电路图。

根据电源性质，电

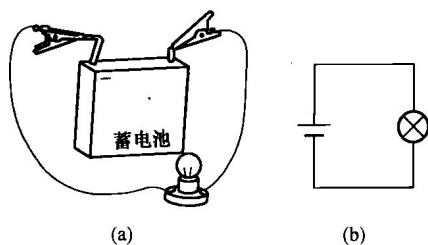


图 1-1 简单电路及电路图

(a) 简单电路; (b) 电路图

路分直流电路与交流电路两类。汽车上采用直流电路，日常生活及社会生活则采用交流电路。

在汽车上通常只用一根导线将电源的正极与负载一端相连。电源的负极与金属机体相连，电路的负极端则由车身、发动机等金属机体代替。负载的另一端搭铁，这种电路称做“单线制”电路，如图 1-2 所示。其正极端引线常称“火线”，负极端引线称“搭铁线”。

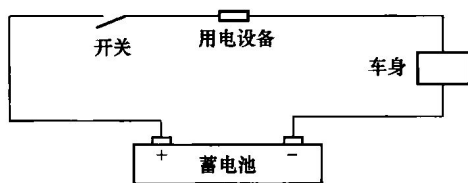


图 1-2 车辆上的单线制电路

2. 电路中的基本物理量

电路中的基本物理量有电流、电压、电动势、电位和电阻等。

电流可称电流强度，用字母 I 表示，可用电流表在电路接通状态测量，电流的单位为安培，简称“安”(A)。电压又称电位差，电压值 U 可用电压表在电路接通状态测量，电压的单位为伏特，简称“伏”(V)。电阻两端的电压也叫电压降。电动势用来衡量电源将非电能转换成电能的能力，电源电动势 E 可用高阻

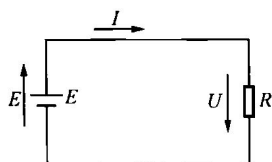


图 1-3 电流、电压及电动势方向

抗电压表在电源开路状态下测量，单位与电压一致。电流、电压、电动势的方向如图 1-3 所示。

为了便于分析，常在电路中选择有参考点，电路中某点与参考点之间的电压称做该点的电位，并规定参考点电压为零电位。

在汽车电气设备及电子设备中常将与金属机体连成的电路公共端选为参考点，称“搭铁”。

电阻是指物体对电流的阻碍作用。物体的电阻 R 可用电阻表在电路开路状态下测量，单位为欧姆，简称“欧”(Ω)。

生产及实验中常用到比物理量基本单位小得多或大得多的数值。为表示比基本单位小得多的量，常在基本单位前附加“毫”、“微”等前缀。前缀“毫”是“千分之一”(1/1000)的意思，记作“m”。“微”是“百万分之一”(1/1000000)，记作“ μ ”。

$$\begin{aligned}\text{如:} \quad 1\mu\text{A} &= 10^{-3}\text{mA} = 10^{-6}\text{A} \\ 1\text{mV} &= 10^{-3}\text{V}\end{aligned}$$

为表示较大的量，可以加前缀“千”及“兆”。“千”就是“一千倍”的意思，记作 k；“兆”就是“一百万倍”的意思，记作“M”。

$$\begin{aligned}\text{如:} \quad 1\text{M}\Omega &= 10^3\text{k}\Omega = 10^6\Omega \\ 1\text{kV} &= 10^3\text{V}\end{aligned}$$

使用电阻时应注意以下几点。

(1) 使用前最好用万用表的电阻挡测量一下阻值，核对无误后再用。

(2) 在装配中放置电阻时，其标志最好向上，便于观察。

(3) 电阻的引线不要剪得过短，一般应不小于 5mm，避免焊接时热量传入电阻内部，引起阻值变化。

(4) 使用 10W 以上的线绕电阻时，应将它固定在特制的支架上，且留有一定的散热空间，防止电阻温升过高或烤坏其他元件。

(5) 在工作中，当所备电阻的阻值和功率不适合于汽车电路图中的电阻时，可用如下方法解决：当电阻串联时，其总电阻为 $R=R_1+R_2+R_3+\cdots$ ；当电阻并联时，其总电阻为 $R=1/(1/R_1+1/R_2+1/R_3+\cdots)$ ；在电阻串并联时，其功率的分配要根据功率计算方法计算。

3. 万用表的使用

常见万用表分指针式和数字式两种，选用合适挡位可测取电流、电压、电阻等参数值。指针式万用表只要将左、右旋钮置于测量挡位便可使用，使用结束，则可将两旋钮旋到“●”位置。数字式万用表的开、关均直接受 ON/OFF 按钮的控制。

(1) 直流电压测量。用指针式万用表测量直流电压时（以 MF500 为例），可将红表笔插入“+”插孔中，黑表笔插入“-”插孔中；将左、右选挡旋钮分别置于“V”和直流电压估测挡位上；将表笔并接在被测负载或信号源上；读取指针指示的刻度，如图 1-4（a）所示，刻度线应与所在挡位相对应。

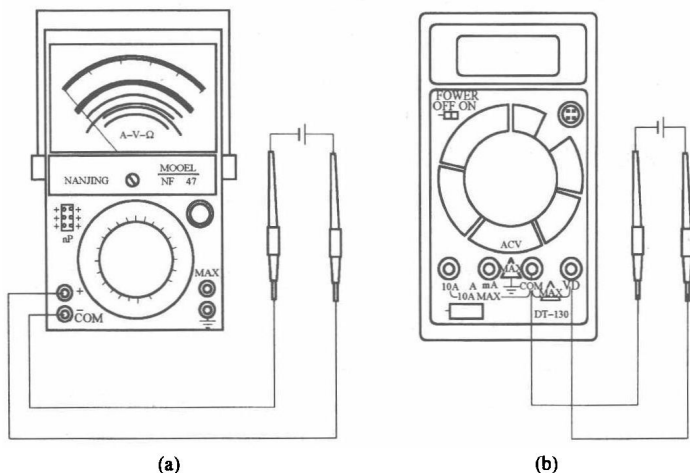


图 1-4 用万用表测量直流电压

(a) 用指针式万用表测量直流电压；(b) 用数字式万用表测量直流电压

用数字式万用表测量直流电压时（以 DT-930G 为例），可将红表笔插入“V/Ω”插孔中，将黑表笔插入“COM”插孔中；将中间功能旋钮置于“DCV”量程范围挡，并将两表笔并接在被测

负载或信号源上读取显示屏的数值。数字式万用表显示电压数值的同时会显示红表笔的极性 [见图 1-4 (b)]。

注意事项如下。

1) 在测量前若不知被测电压的范围, 应将万用表先置于高量程挡, 然后逐步调低。

2) 测量高电压时应避免人体与高电压相接触。

3) 尽量不要测量高于 1000V 的电压。

(2) 直流电流测量。用指针式万用表测量直流电流时 (以 MF500 为例), 可先将红表笔插入 “+” 插孔中, 黑表笔插入 “-” 插孔中, 将左、右选挡旋钮分别置于 “A” 和直流电流估测挡位上; 将表笔串接在被测电路中; 读取指针指示的刻度值 [见图 1-5 (a)], 刻度线应与所选挡位相对应。

用数字式万用表测量直流电流时 (以 DT-930GO 为例), 可先将红表笔插入 “A” 插孔中, 将黑表笔插入 “COM” 插孔中; 将中间功能旋钮置于 “DCA” 量程范围挡, 并将表笔串接在被测电路中; 读取显示屏显示的数值。数字式万用表显示电流数值的同时会显示红表笔的极性 [见图 1-5 (b)]。

注意事项如下。

1) 在测量前若不知被测电流的范围, 应将万用表先置于高量程挡, 然后逐步调低。

2) 电流过载时, 表内熔断丝会熔断, 起过载保护作用。

数字式万用表 “20A” 插孔没有熔丝保护, 测量时间应小于 15s。

(3) 电阻的测量。用指针式万用表测量电阻时 (以 MFS00 为例), 先将红表笔插入 “+” 插孔中, 黑表笔插入 “*” 插孔中, 将左、右选挡旋钮分别置于 “ Ω ” 和电阻估测挡位上; 将两表笔短接, 使指针向满刻度方向偏转, 然后调节电位器旋钮, 使指针指示在 Ω 刻线的零位置上。再用表笔去测量未知电阻的阻值, 如

图 1-6 (a) 所示。为了确保测量精度, 指针所指的位置应尽可能指示在刻度盘中间区域。读取指针指示的刻度值, 刻度线应与所选档位相对应。

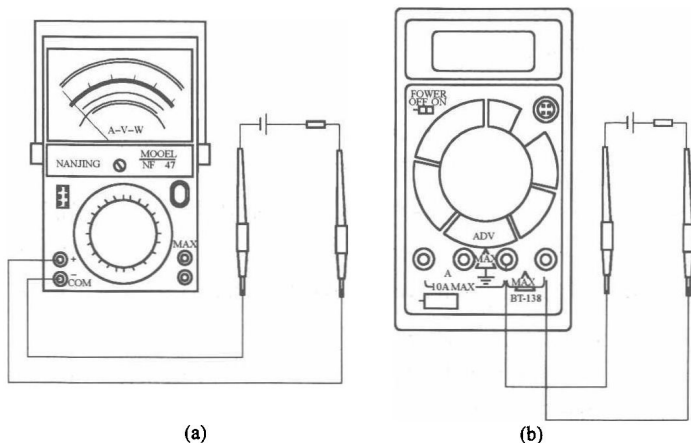


图 1-5 用万用表测直流电流

(a) 用指针式万用表测量直流电流; (b) 用数字式万用表测量直流电流

用数字式万用表测量电阻时 (以 DT-930G 为例), 可先将红表笔插入 “V/ Ω ” 插孔中, 将黑表笔插入 “COM” 插孔中; 将中间旋钮置于量程范围挡, 并将两表笔跨接在被测电阻两端; 读取显示屏显示的数值 [见图 1-6 (b)]。

注意事项如下。

1) 将指针式万用表表笔短接时, 若调节器不能使指针指示到欧姆零位, 表明表内电池电压不足; 将数字式万用表 ON/OFF 按钮按下, 若屏幕上出现电池符号, 表明表内电池电压不足。

2) 测量电路电阻时, 须确认被测量的电路已切断电源, 同时电容已放完电。

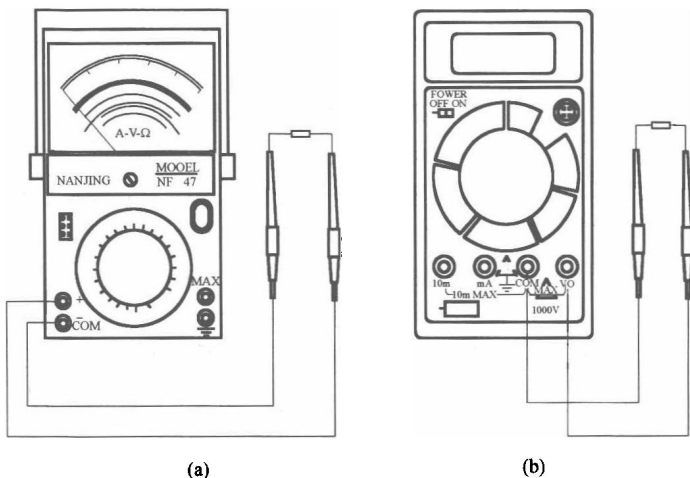


图 1-6 用万用表测电阻

(a) 用指针式万用表测量电阻; (b) 用数字式万用表测量电阻

二、电器及电路的状态

1. 电器的状态

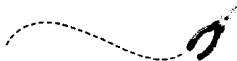
通过电器的电流在单位时间内将电能转换为其他形式能的能力叫电功率，单位为瓦特，简称“瓦”(W)。电功率 P 与用电器承受的电压 U 及通过的电流 I 成正比。其表达式为

$$P=IU$$

电流经过用电器后转换成其他形式的能，叫做电流做功，简称电功。电功用 W 表示，单位为焦耳 (J)。电功为用电器功率与用电时间的乘积。电功可用电能表测量。其表达式为

$$W=Pt=IUt$$

实验表明：电流通过电阻时，电阻的发热量 Q 与电流强度的二次方、电阻值 R 及通电时间成正比，这就是焦耳定律。其数学



表达式为

$$Q = I^2 R t$$

热量 Q 的单位与电功的单位相同，为焦耳 (J)。

在汽车上，很多用电设备都是用电流热效应制成的。如点烟器、电灯、熔断器、火花塞等。工厂中电弧焊也是利用电流热效应将金属熔化的。电流热效应也有其不利的一面，如电流会使不需发热的地方（导线等）也发热。它不但消耗电能，而且会使电气设备温度升高，加速绝缘材料老化，甚至烧坏设备。

元器件和设备长期安全工作时所允许的最大电流、最大电压、最大电功率称为额定电流、额定电压和额定功率。一般额定值都标在产品明显位置，导线额定电流也可通过查表获得。

元器件和设备在额定功率下的工作状态叫做额定工作状态，也叫满载；低于额定功率的工作状态叫轻载；高于额定功率的工作状态叫过载（或超载）。由于过载很容易烧坏用电设备，所以一般情况下不允许出现过载。

2. 电路状态

电路通常有通路、断路、短路及接触不良四种状态。

通路是电路按规定路径处处连通的状态。通路也称“闭路”，此时电路中有工作电流通过。

断路是指电路中有支路被断开的状态。断路也称“开路”，此时该支路不能形成电流。

接触不良是指电路在导体接触部位因接触面有氧化层、脏污、接触压力不足或接触面过小造成的电阻过大的现象。严重接触不良会造成电路断路。

短路是指电路电流未通过经过规定的路径，而在中途沿搭接的地方通过的状态。如负载或电源两端被导线连通就称负载或电源短路。短路时电源输出的电流将比正常通路时输出的电流大些，短路电流容易烧坏电源、中间环节及用电设备。短路分局部短路

和电源短路。

汽车电路中有一定电位的部位与机体相碰时发生的短路现象称“搭铁”故障。

为避免短路或过载电流烧损电气设备，通常在电路中安装有保护装置。最常见的保护装置是熔断器，熔断器能在出现短路或过载电流时立即熔化，将相关电路自动切断。

三、电路基本定律

1. 欧姆定律

(1) 部分电路欧姆定律。用万用表测量如图 1-7 所示部分电路中的电压 U 、电流 I 和电阻 R ，可以发现：流过导体的电流 I 与这段导体两端的电压 U 成正比，与这段导体的电阻 R 成反比。这个规律叫部分电路欧姆定律，其数学表达式为

$$I=U/R$$

(2) 全电路欧姆定律。全电路欧姆定律适用于有电源的闭合电路，如图 1-8 所示。方框中的 E 代表电源电动势， r 代表电源内阻。通常将电源内部的电路称做内电路，电源外部的电路称做外电路。

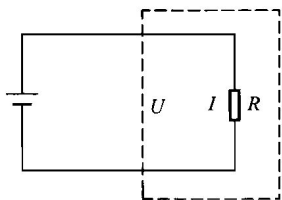


图 1-7 部分电路

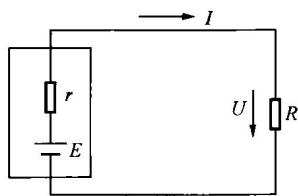


图 1-8 最简单的全电路

通过测量可以发现：全电路中的电流强度 I 与电源的电动势 E 成正比，与整个电路的电阻（即内阻 r 与外电阻 R 的总和）成反比。这个规律叫全电路欧姆定律，其数学表达式为

$$I = E / (R + r)$$

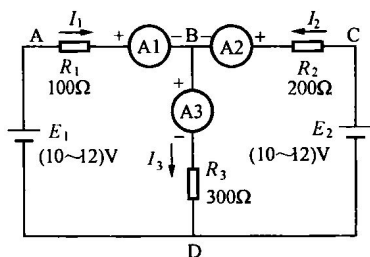


图 1-9 基尔霍夫定律实验电路

2. 基尔霍夫定律

先将稳压电源的输出电压调整到 11V，断开稳压电源的电源开关后，按图 1-9 所示电路图进行接线，并检查有无差错。复查后再接通电源，分别记下三个电流表的读数和 U_{AB} 、 U_{CB} 、 U_{BD} 的

数值。适当增减 E_1 和 E_2 的数值，再分别记下三个电流表的读数和 U_{AB} 、 U_{CB} 、 U_{BD} 的数值，并填入表 1-1。

表 1-1 数 值 表

E_1/V	E_2/V	I_1/mA	I_2/mA	I_3/mA	U_{AB}/V	U_{CD}/V	U_{BD}/V
11	11	20.00	10.00	30.00	2.00	2.00	9.00
10	12	12.70	16.40	29.10	1.27	3.28	8.73
12	10	27.30	3.64	30.90	1.73	0.73	9.27

对上述实测数据进行分析可以发现，总有： $I_1 = I_2 + I_3$ ， $E_1 = U_{AB} + U_{BD}$ ， $E_2 = U_{CB} + U_{BD}$ 。

基尔霍夫第一定律也叫节点电流定律，所谓“节点”是指三条或三条以上的相交点，如图 1-9 中的 B 点和 D 点。节点定律的内容是：流进一个节点的电流之和等于流出这个节点的电流之和，或者说流过任意一个点的电流的代数和为零。其数学式为

$$\sum I_{out} = \sum I_{in} \text{ 或 } \sum I = 0$$

基尔霍夫第一定律表明电流有连续性，在电路的任一节点上不可能发生电荷的积累，即流出节点的总电量恒等于同一时间内流入这个节点的总电量。