

汽车维修职业技能培训教程



汽车车身电器

构造与维修

宛东 杨玲玲◎主编

 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

汽车维修职业技能培训教程

汽车车身电器构造与维修

主 编：宛 东 杨玲玲

副主编：文艳玲 谭克诚 罗 建 王海文 苏宇锋

参 编：陈满秀 蓝芳芳 甘慧萍 曾庆超

机械工业出版社

《汽车车身电器构造与维修》紧密结合现代汽车车身电器构造与维修生产实际,契合融“教-学-做”为一体的教学方法和手段,满足高等职业教育推行工学结合人才培养模式的发展需要。

全书共分九章,内容包括电气基础、电气元件、上汽通用五菱电路图读图、车身电气、空调、车载网络、实训指导、实训操作认证样题和练习测试题,较全面地阐述了现代汽车车身电器结构、工作原理及故障检测与诊断方法。

本书可作为高等职业院校、高等专科院校、成人高校、民办高校及本科院校二级职业技术学院汽车检测与维修技术及相关专业的教学用书,也可作为汽车维修技术人员及相关从业人员的业务参考书及培训用书。

图书在版编目(CIP)数据

汽车车身电器构造与维修/宛东,杨玲玲主编. —北京:机械工业出版社,2018.3

汽车维修职业技能培训教程

ISBN 978-7-111-59408-6

I. ①汽… II. ①宛… ②杨… III. ①汽车-车体-电气设备-构造-技术培训-教材②汽车-车体-电气设备-车辆修理-技术培训-教材 IV. ①U472.41

中国版本图书馆CIP数据核字(2018)第050113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:连景岩 杜凡如 孟 阳 责任编辑:孟 阳 韩 静

责任校对:潘 蕊

封面设计:马精明

责任印制:常天培

北京京丰印刷厂印刷

2018年5月第1版第1次印刷

184mm×260mm·10.5印张·250千字

0001—3000册

标准书号:ISBN 978-7-111-59408-6

定价:35.00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

服务咨询热线:010-88379833

机工官网:www.cmpbook.com

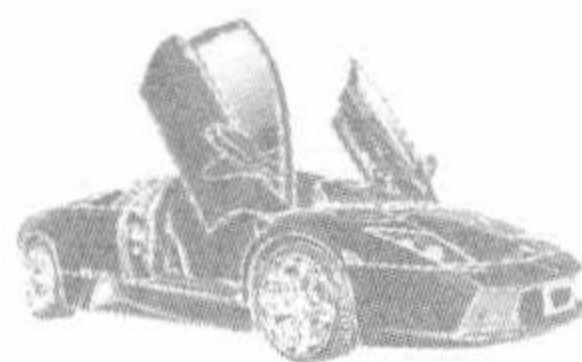
读者购书热线:010-88379649

机工官博:weibo.com/cmp1952

教育服务网:www.cmpedu.com

封面无防伪标均为盗版

金书网:www.golden-book.com



随着中国汽车工业的快速发展，汽车技术日新月异，新结构、新系统、新装置在汽车上的应用不断增多。这就要求职业院校不断培养能够适应汽车技术发展的汽车运用与维修人才。本书基于汽车维修技师应掌握的现代汽车车身电器构造与维修知识及相关技能编写。

本书的编写结合了汽车4S店的技术服务实践，具有较强的针对性，较好地贯彻了素质教育的思想，力求体现以人为本的理念，从行业岗位群的知识与技能要求出发，结合对学生创新能力、职业道德方面的要求。

本书针对相关教学方法和手段进行了改革，融“教—学—做”为一体，将课堂与实训室融合，力求提高学生的职业技能，同时提升教学质量。

本书配有课程PPT、实训指导（含任务工单）、实训操作认证样题和课后练习题电子文档，这对提高学生的综合能力与素质有很大帮助。本书具有如下特点：

1. 理论与实践一体化：本书将理论学习与实践学习融为一体，有利于提高学生的实际操作能力。

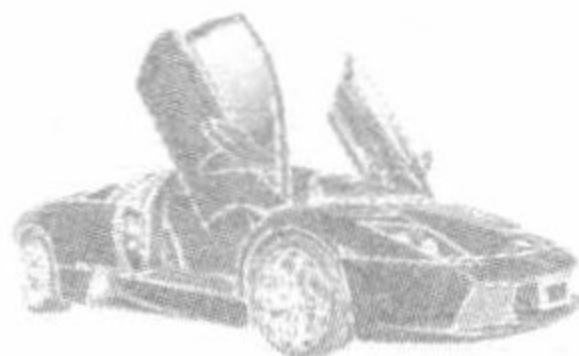
2. 引导学生主动学习：学生根据自己的实际操作项目填写实训指导任务工单，并进行数据处理与分析，把理论知识应用到实践中，将理论知识转化为实用技能。

参加本书编写的人员分工如下：宛东编写第三章、第四章和第五章；杨玲玲编写第一章；谭克诚和陈满秀编写第六章；文艳玲编写第九章；王海文和苏宇锋编写第七章；罗建和蓝芳芳编写第二章；甘慧萍和曾庆超编写第八章。本书的编写工作得到了上海通用五菱公司市场与网络部工作人员的悉心指导，在此表示衷心感谢。

编者在写作过程中参考了大量的资料和文献，在此向原作者表示感谢。

由于编者水平有限，书中难免有疏漏之处，恳请读者批评指正。

编者



前 言

安全注意事项 1

汽车维护作业注意事项 1

特别警告 1

第一章 电气基础 2

第一节 电学基础 2

一、电学中的基本物理量 2

二、欧姆定律 4

三、功率定律 5

第二节 检测工具的使用 5

一、数字万用表 5

二、试灯 9

三、跨接线 10

四、电流钳 11

第三节 串并联电路 12

一、串联电路 12

二、并联电路 12

第四节 线路故障诊断 13

一、开路 13

二、短路 15

三、线路故障诊断的其他方法 18

第五节 章节小结 20

第六节 章练习题 21

第二章 电气元件 23

第一节 物体的导电性 23

一、导体 23

二、绝缘体 23

三、半导体 24

第二节 常见电气元件 25

一、二极管 25

二、晶体管 26

三、线圈 27

四、导线 28

五、电磁干扰 29

六、熔断装置 31

七、电阻 33

八、开关 35

九、继电器 35

十、车身控制模块 (BCM) 37

第三节 章节小结 37

第四节 章练习题 38

第三章 上汽通用五菱电路图读图 39

第一节 上汽通用五菱电路

符号识读 39

第二节 上汽通用五菱电路图

章节结构 42

一、一级目录 43

二、二级和三级目录 46

第三节 上汽通用五菱电路图应用 50

一、读图原则 50

二、电路图应用 51

第四节 章节小结 56

第五节 章练习题 56

第四章 车身电气 58

第一节 充电、起动系统 58

一、充电、起动系统的组成及功能 58

二、充电、起动系统电路分析 62

三、系统部件故障诊断 63

第二节 灯光系统 68

一、驻车灯 68

二、前照灯 68

三、前照灯高度调节 71

四、雾灯和日间行车灯	71	一、鼓风机控制	117
五、危险警告灯和转向灯	73	二、压缩机控制	118
六、顶灯	76	第四节 章练习题	121
七、制动灯和倒车灯	78	第六章 车载网络	123
第三节 车窗系统	79	第一节 CAN 通信基本知识	123
一、电动车窗控制原理	79	一、CAN 网络的优点与组成	123
二、电动车窗初始化	81	二、CAN 网络通信特点与信号特征	124
第四节 天窗系统	82	三、CAN 总线拓扑形式	126
一、天窗控制原理	83	第二节 五菱汽车网络拓扑结构	126
二、天窗初始化	84	第三节 基本诊断方法	127
第五节 电动系统	84	一、电压测量	127
一、电动后视镜	84	二、电阻测量	128
二、电动门锁	84	第四节 章练习题	128
第六节 刮水器	87	第七章 实训指导	130
一、刮水器系统控制原理	87	第一节 电气基础实训	130
二、刮水器系统诊断方法	89	任务 1: 万用表的使用	130
第七节 安全气囊	90	任务 2: 欧姆定律、功率定律的应用	132
一、安全气囊系统的组成及功能	90	任务 3: 串并联电路中电压、电流及	
二、安全气囊系统的外围电路	92	电阻的特性	132
第八节 音响系统	92	任务 4: 电路故障诊断	133
一、音响系统的组成及功能	92	第二节 电气元件实训	134
二、音响系统的外围电路	93	任务 1: 常见材料的导电性	135
第九节 倒车雷达系统	95	任务 2: 常见电气元件的检测	135
一、倒车雷达系统的组成及功能	95	第三节 电路图读图实训	137
二、倒车雷达系统的外围电路	95	任务: 电路图识图	137
第十节 组合仪表	97	第四节 车身电气实训	138
一、组合仪表的组成及功能	97	任务 1: 充电、起动系统检测	139
二、组合仪表的外围电路	98	任务 2: 灯光系统检测	141
第十一节 章练习题	101	任务 3: 电动车窗系统检测	141
第五章 空调	103	任务 4: 电动天窗系统检测	142
第一节 空调制冷基础知识	103	任务 5: 电动后视镜检测	142
一、空调功能	103	任务 6: 刮水器系统检测	143
二、热传导原则	104	第五节 空调系统诊断实训	144
第二节 空调机械系统	105	任务 1: 空调制冷性能检测	144
一、制冷系统的循环过程	105	任务 2: 空调电控系统诊断	145
二、制冷剂压力与温度的关系	107	第六节 车载网络检测实训	147
三、制冷系统的组成	107	任务: 车载网络检测	147
四、制冷性能检测	112	第八章 实训操作认证样题	149
五、制冷剂管路压力检测	113	第一节 空调压缩机不吸合	149
六、制冷剂加注	116	一、教师用评分标准	149
第三节 空调电控系统	117	二、学生用答题纸	150



第二节 小灯不亮	151	一、单项选择题	153
一、教师用评分标准	151	二、多项选择题	157
二、学生用答题纸	152	三、课程测试答题卡	158
第九章 练习测试题	153	参考文献	160
测试样题	153		

安全注意事项

汽车维护作业注意事项

- 1) 佩戴安全防护眼镜以保护眼睛。
- 2) 在被举升的车辆下作业时，应使用安全支架。
- 3) 确保点火开关始终处于 OFF 位，除非另有要求。
- 4) 在车内工作时，应施加驻车制动。如果是自动变速器车型，则应将变速杆置于 P（驻车）位，除非要求置于其他档位。如果是手动变速器车型，则应将变速杆置于倒档（发动机熄火时）或空档（发动机运转时），除非要求置于其他档位。
- 5) 在进行与发动机相关的作业时，必须使用尾气抽排设备，以防一氧化碳中毒。
- 6) 在发动机运转时，身体及随身衣物应远离转动部件，尤其是散热风扇和传动带。
- 7) 为防止严重烫伤，应避免接触高温金属部件，例如散热器、排气歧管、三元催化转化器和消声器。
- 8) 维护作业现场不得吸烟。
- 9) 为避免受伤，开始作业前应摘掉戒指、手表和项链，不要穿宽松的衣服，长头发应挽起固定于脑后。
- 10) 不得接触散热风扇叶片，因为散热风扇随时会因发动机温度升高而转动。确保散热风扇的电源完全断开后，才能在其附近作业。

特别警告

- 1) 许多制动摩擦片都含有石棉纤维，吸入石棉粉尘可能导致癌症，因此在对制动器进行维修时，应避免吸入粉尘。
- 2) 用压缩空气或干刷方式清洁车辆时，从行车制动器和离合器总成处扬起的粉尘或污垢可能含有有害健康的石棉纤维。
- 3) 行车制动器总成和离合器面应使用石棉纤维专用吸尘器进行清洁。粉尘和污垢应使用可防止粉尘暴扬的方法处置，例如使用密封袋。密封袋必须标有国家职业安全卫生部门的使用说明，并将袋中所装物质告知垃圾承运人。
- 4) 如果没有用于盛装石棉纤维的真空袋，则清洁工作必须在水湿状态下进行。如果仍然会产生粉尘，则作业人员应佩戴经国家认证的有毒粉尘过滤净化功能的口罩。

第一章 电气基础

● 学习要点：

- 1) 电学基础。
- 2) 检测工具的使用。
- 3) 串并联电路。
- 4) 线路故障的诊断。

● 学习目标：

- 1) 能够简述欧姆定律、功率定律的含义。
- 2) 能够掌握电路检测工具的使用方法与注意事项。
- 3) 能够解释串并联电路的特点。
- 4) 能够掌握常见线路故障的诊断方法。

第一节 电学基础

电是能量的一种表现形式，它本身是无法被我们看到、听到、摸到或嗅到的，但它的作用我们都看得到：电能使灯发光，使电动机运转，使喇叭发声等。要定量地说明电的作用，则必须以科学的方式对其进行准确测量。电在电路中的流动强度可以用电流或电压来度量，被测物体对电流的阻碍作用可以用电阻进行度量。

一、电学中的基本物理量

要合理地利用电能，就必须了解电的特性，并能够以科学的方式对电进行测量，下面介绍电学测量中常用的几个物理量。

1. 电流

我们知道，水能在管中流动，称为水流。同样，电子的定向移动就形成了电流。电流的计量单位是安培，用字母 A 表示。此外，电流的常用单位还有千安（kA）、毫安（mA）和微安（ μA ），它们之间的换算关系如下：

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

如图 1-1 所示，以水塔为例，可以将电流比作从水塔到水龙头的水流。水之所以能从高处流向低处，是因为受到重力的作用，高处的水具有的重力势能高于低处的水；同理，电子是由于电路中存在电势差而流动。需要注意的是，电子的移动方向与电流方向相反。

(1) 直流电（DC）

电子由电源负极移动到电源正极便产生了直流电。直流电只朝一个方向流动。直流电的

一个好处是可以用电化学的方法将电能存储在电池里。如图 1-2 所示为直流电在示波器中的波形。

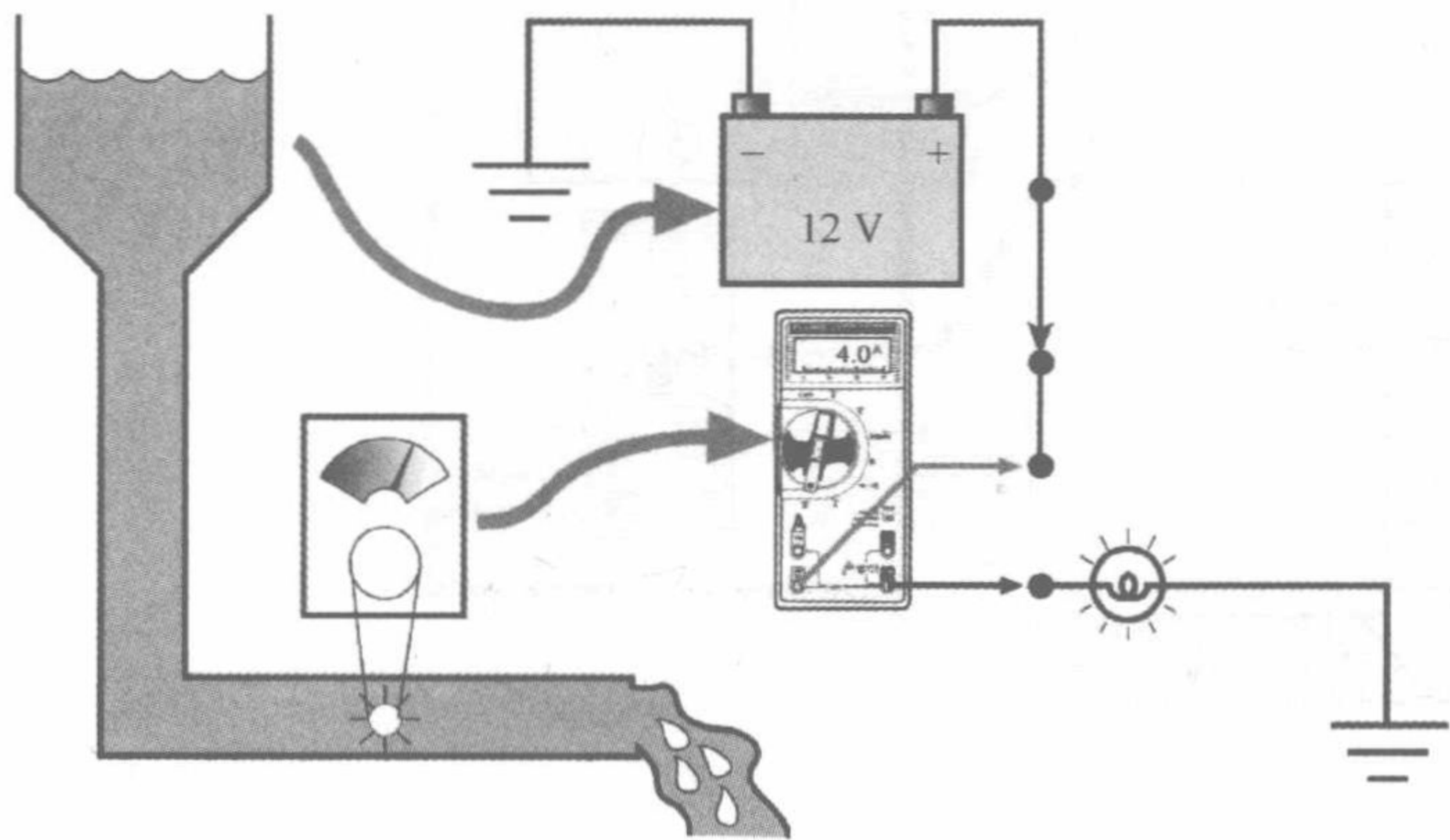


图 1-1 电流

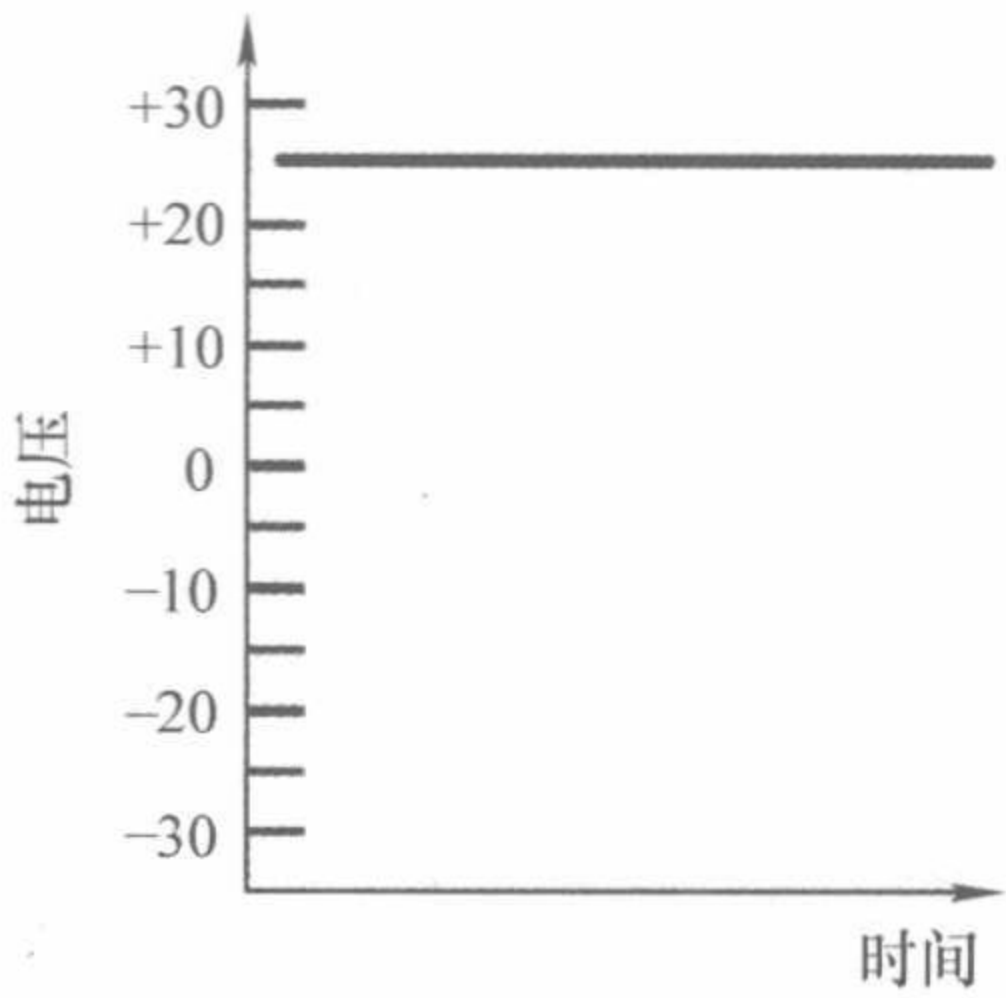


图 1-2 直流电

(2) 交流电 (AC)
在交变极性（正或负）的电压作用下电流来回流动便形成交流电（AC）。交流电不断地改变方向，一会儿朝一个方向（正向），一会儿朝相反的方向，一正一反称为一个周期。如图 1-3 所示，我们常用的是正弦交流电，其周期符合正弦函数的数学特征，因此常用正弦波来表示。

2. 电压

电压是促使电流流过导体的压力（电动势）。电压是两个原子之间因正负电荷量失衡而具有的“电位差”形成的。电压的计量单位是伏特，用字母 V 表示。在实际应用中，电压的常用单位还有千伏（kV）、毫伏（mV）等，它们之间的换算关系如下：

$1\text{kV} = 10^3\text{V}, 1\text{mV} = 10^{-3}\text{V}$

大多数汽车电路用蓄电池或发电机作为电源，其电压是 12V。如图 1-4 所示，电压可以比作水塔内生成的水压。压力是塔顶（相当于 12V）和塔底或地面（相当于 0V）之间的位差产生的。

3. 电阻

电阻阻碍或限制电流在电路中的流动，所有的电路都存在电阻，导体（如铜、银和金）也都对电流有阻碍作用。电阻的计量单位是欧姆，其符号为希腊字母 Ω 。电阻的大小受导体的材质、横截面积、长度及温度影响。其常用单位还有千欧（k Ω ）、兆欧（M Ω ）等，它们之间的换算关系如下：

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

由图 1-5 可以看出，电阻犹如水管中的缩颈，在缩颈的位置阻碍了水流的流动。然而，

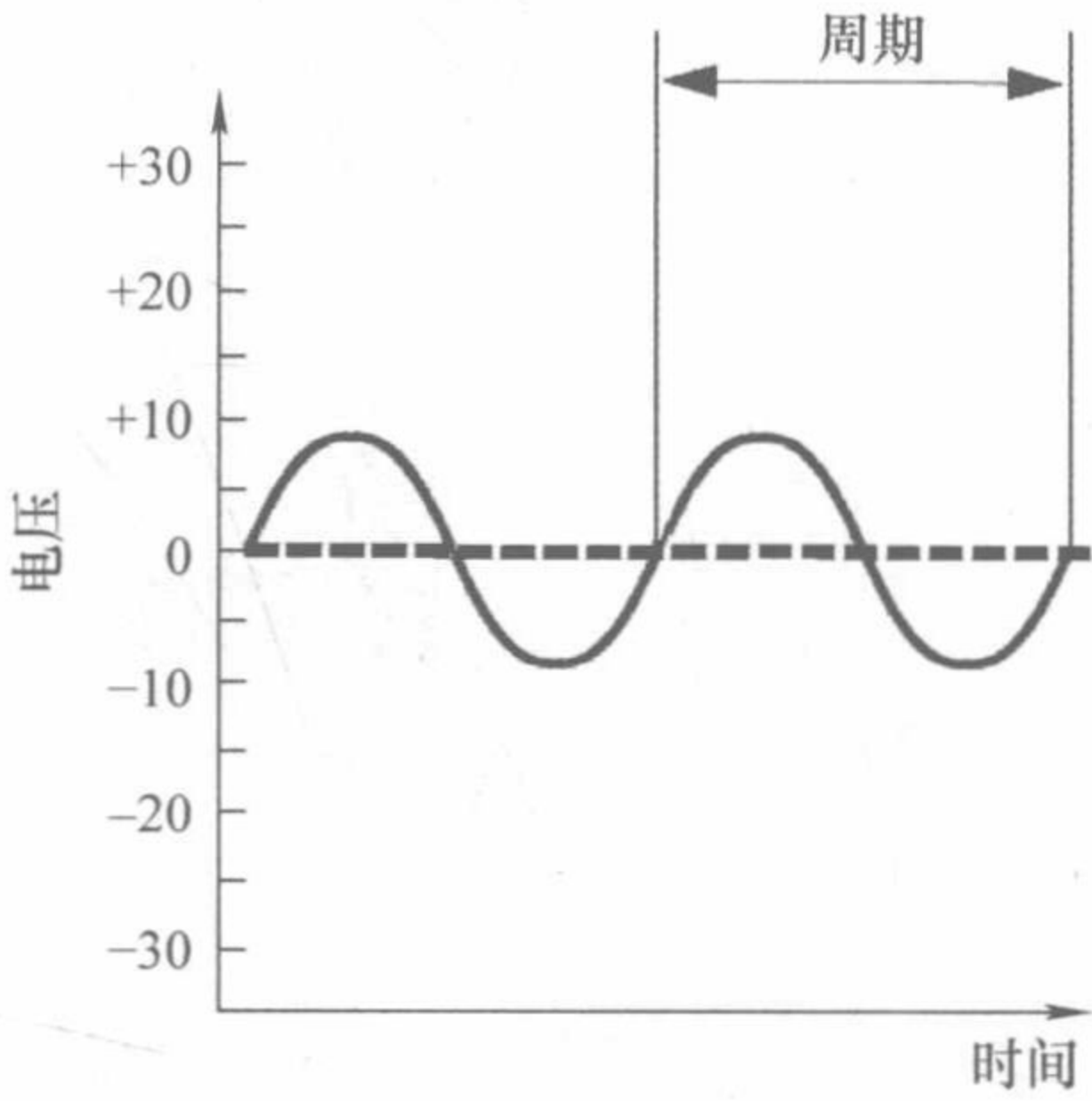


图 1-3 交流电

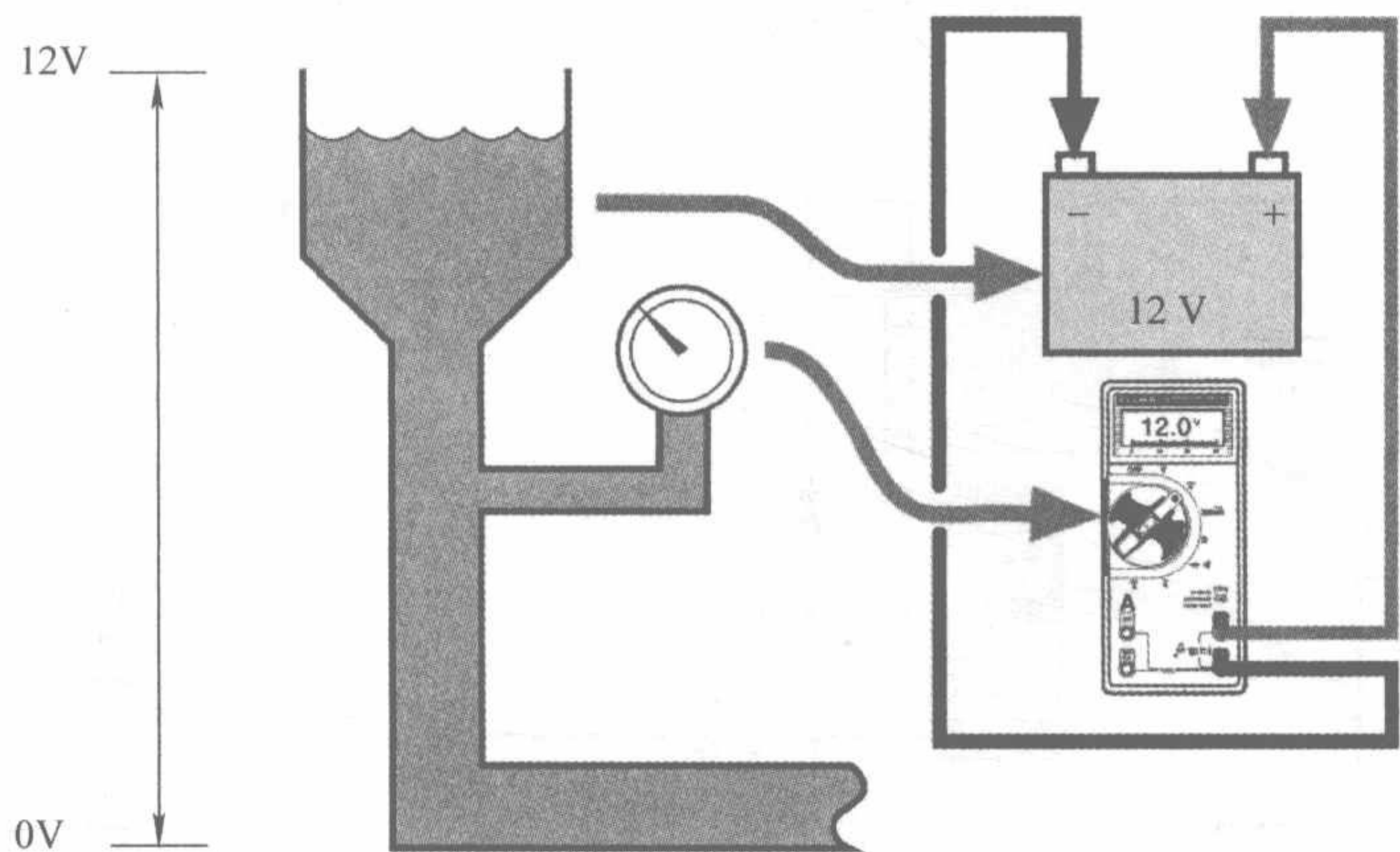


图 1-4 电压

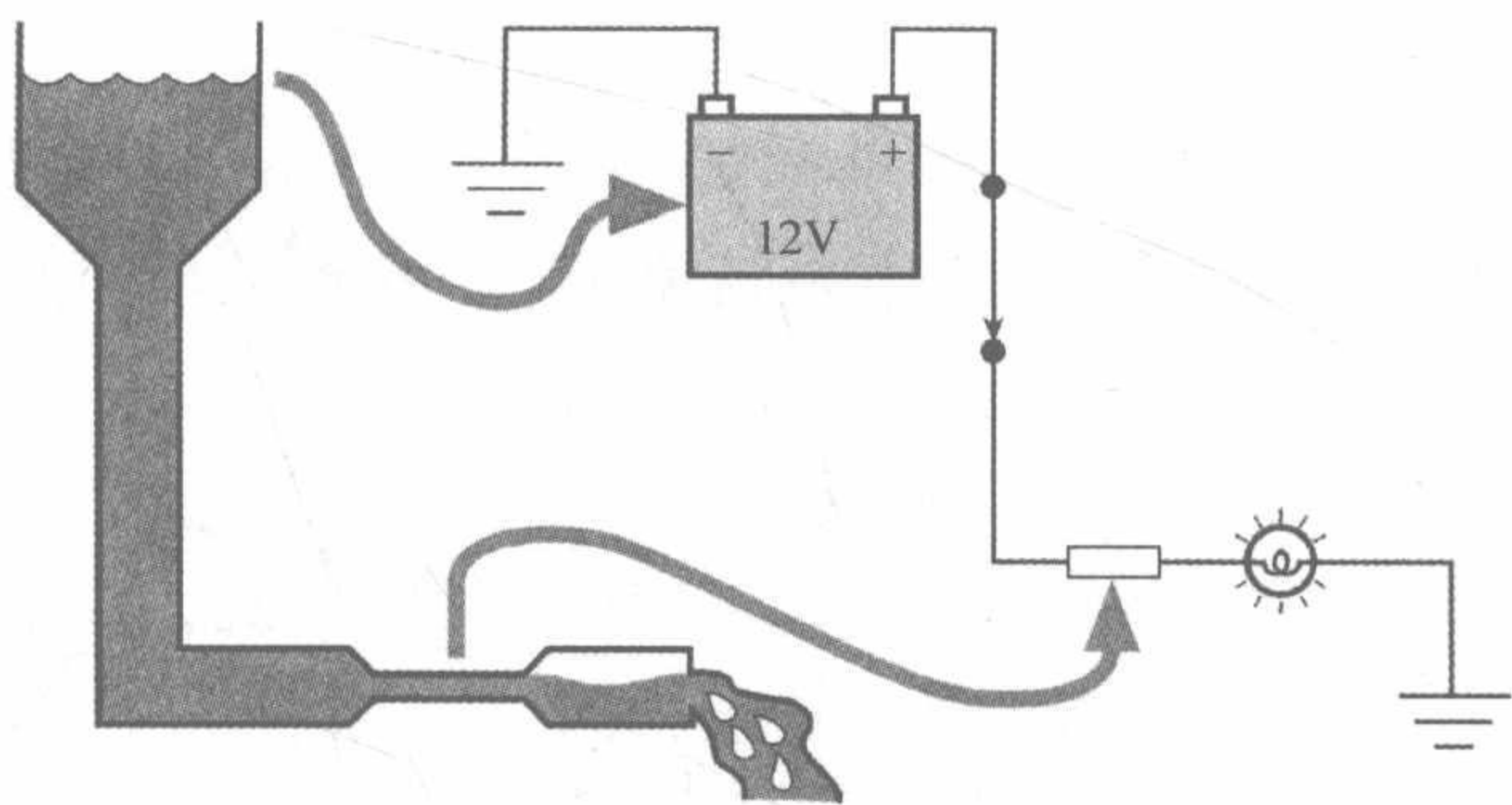


图 1-5 电阻

并不是所有的电阻都是有害的，例如，在照明电路中，灯泡的灯丝电阻阻碍电流流动，使灯丝加热到白炽状态，从而实现照明。

二、欧姆定律

电压、电流与电阻间有确定的关系，理解并灵活运用这一关系，是诊断电路故障的基础。

欧姆定律可用一个公式表示电压（ U ）、电流（ I ）和电阻（ R ）之间的关系： $U = IR$ 。电路中，电阻的两端有一定的电压差，这会导致有电流流过该电阻，电流的大小和电阻两端的电压与电阻的大小都有关系。

记住欧姆定律基本内容的一个简便方法是利用图 1-6 所示的欧姆定律计算示意图。水平线代表“除”，垂直线代表“乘”。将要求值对应的字母盖住，对于给定电路，三个量中如果知道其中两个，就可以求出另一个。只需将已知量的值代入式中，便可求出未知量的值。

图 1-7 给出了一个具有 12V 电源、 2Ω 电阻与 6A 电流的电路。如果电阻变化，电流也会随之改变。如果图示灯泡电阻增加到 4Ω ，依据欧姆定律，那么电路中的电流会降低到 3A。

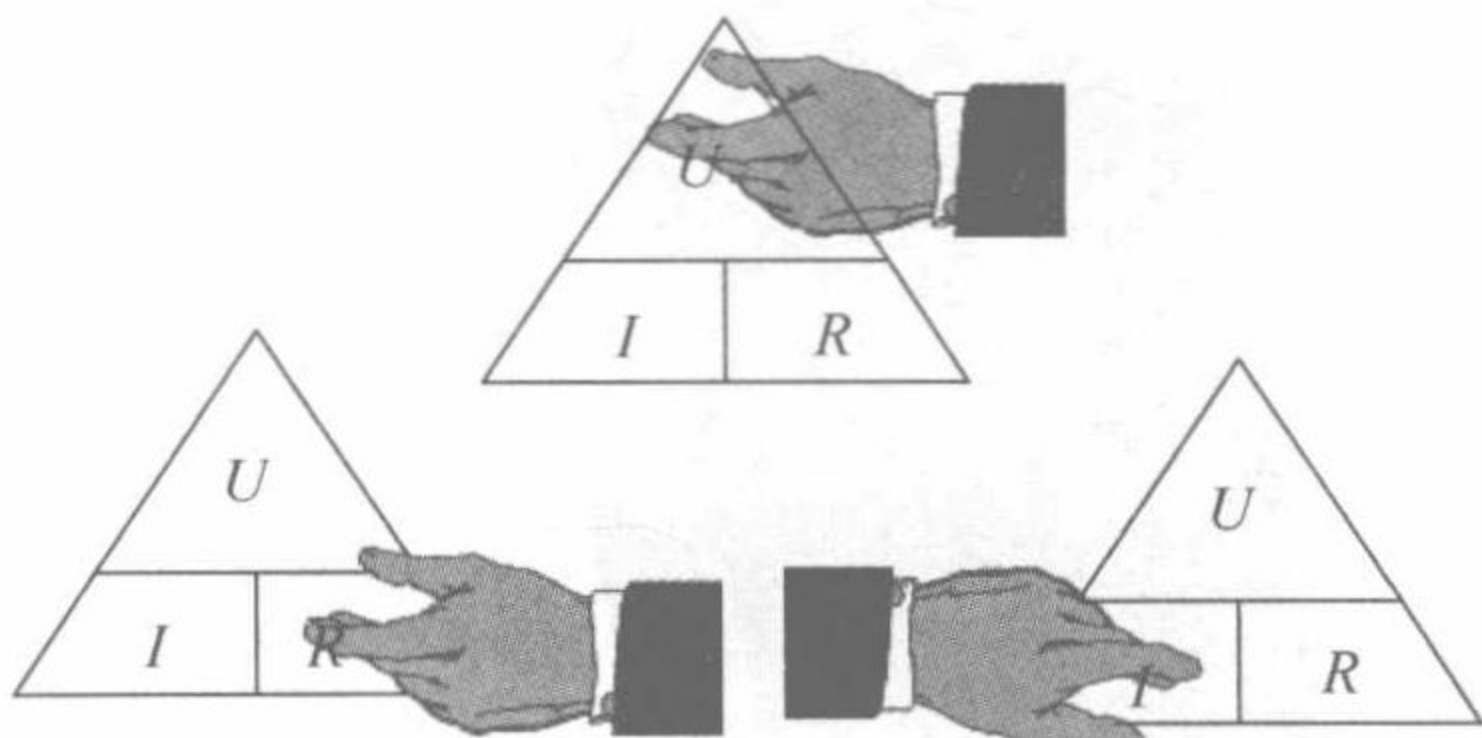


图 1-6 欧姆定律计算示意图

对直流电路而言，一闭合电路中的电流与电动势成正比；一电路元件中没有电动势时，其中的电流与电路两端的电位差成正比。

三、功率定律

在物理学中，用电功率表示消耗电能的快慢。电功率用 P 表示，它的单位是瓦特 (W)。在纯电阻电路中，功率定律可用一个公式表示电压 (U)、电流 (I) 和功率 (P) 之间的关系： $P = UI$ 。

图 1-8 给出了一个具有 12V 电源、6.86Ω 电阻与 1.75A 电流的电路。在纯电阻电路中，一闭合电路中的电流与功率成正比。

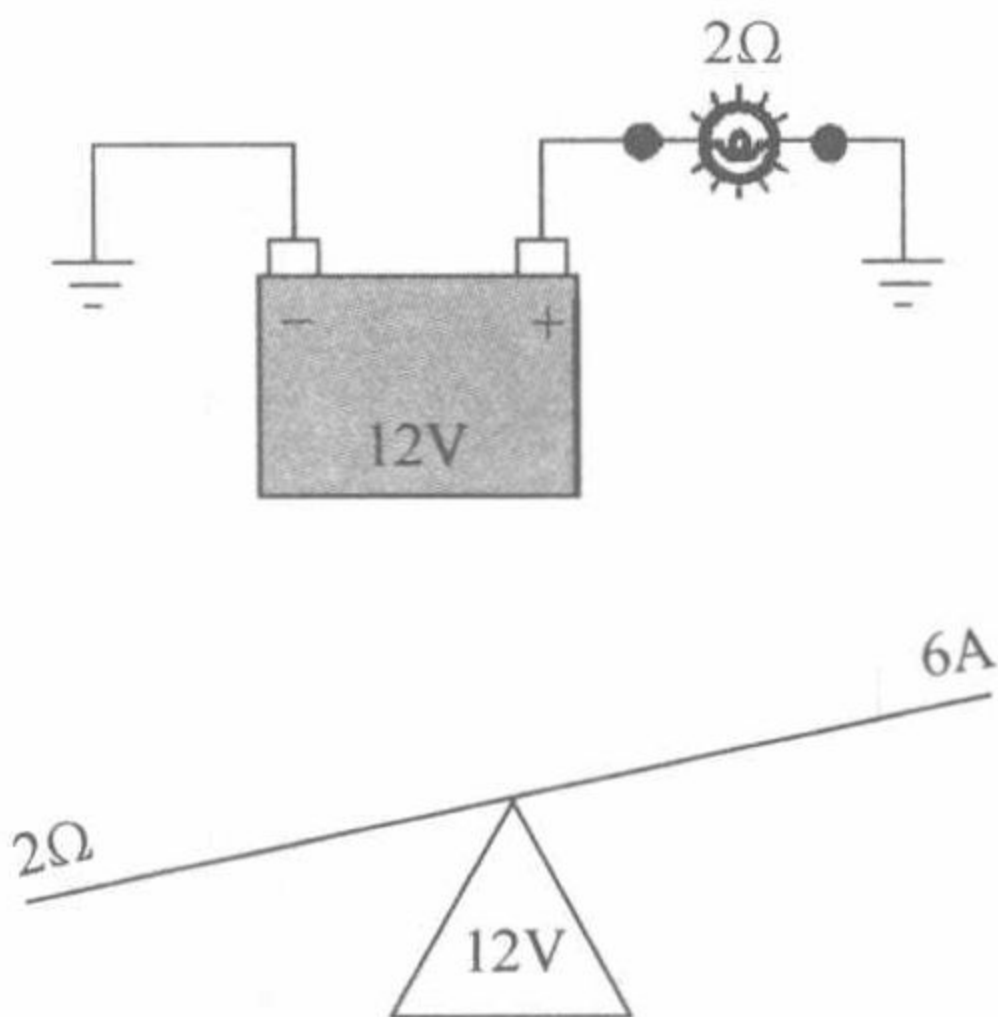


图 1-7 欧姆定律的应用

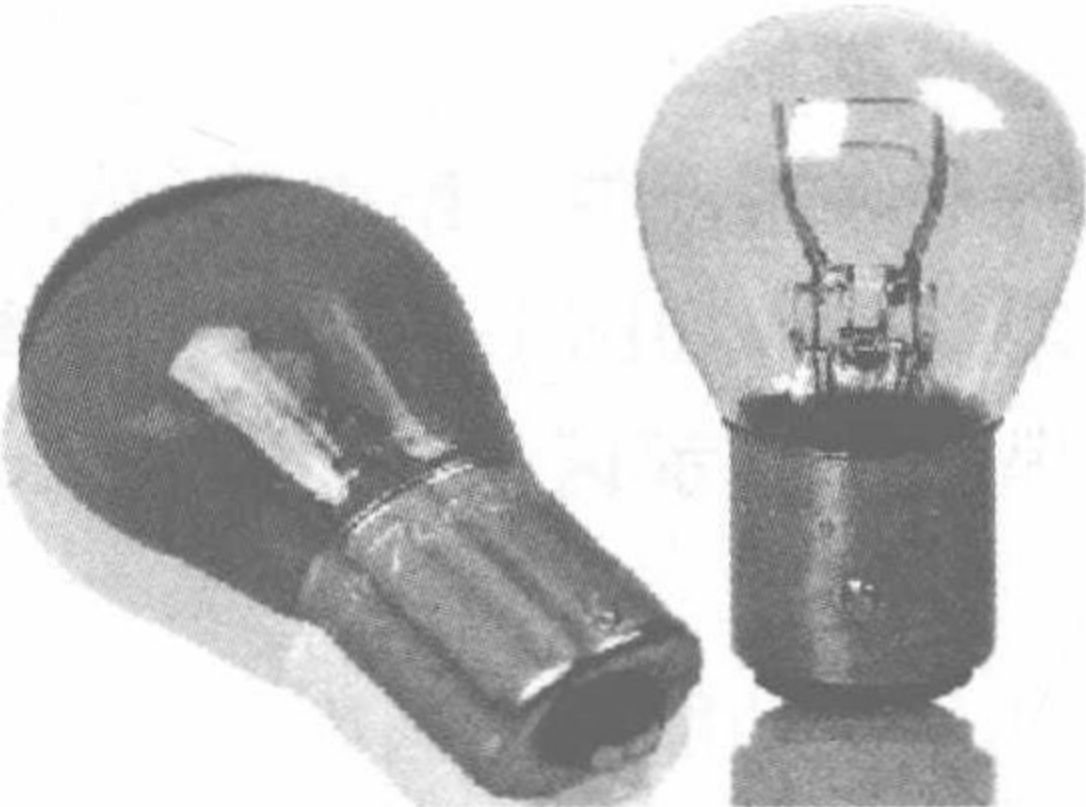
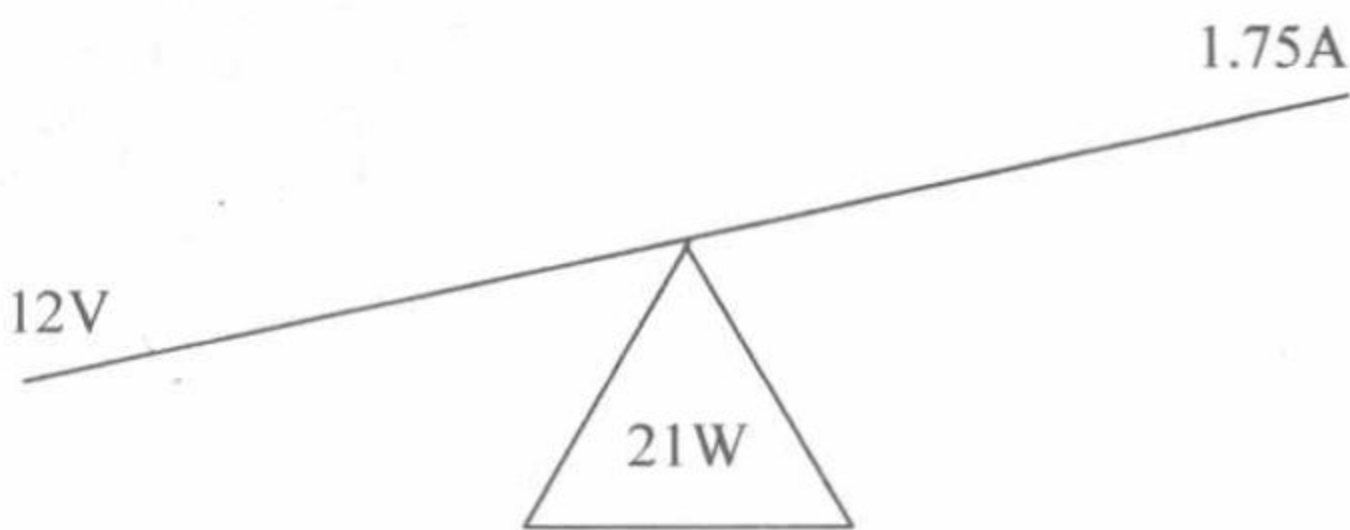


图 1-8 功率定律的应用

第二节 检测工具的使用

准确的数据测量和正确的电路故障分析很大程度上取决于所用仪表的准确度。维修人员除能正确读表并理解相应含义外，还必须具有以下两方面的能力：

- 1) 正确连接测试仪器。
- 2) 选择合适的量程。

常用的汽车电气测量装置包括数字万用表、试灯、电流钳和跨接线等，下面分别介绍各种测量工具的测量功能及测量方法。

一、数字万用表

1. 认识数字万用表

数字万用表的操作面板通常由以下区域组成，如图 1-9 所示。

(1) 测量结果显示区

对于测量结果以数字的形式进行显示。每次读取测量结果时，注意其对应的单位。



图 1-9 认识数字万用表

(2) 特殊功能区

不同的万用表，为了拓展更多的功能，往往有几个特殊功能键。不同的功能键的作用是不同的，例如按下如图 1-9 所示的“RANGE”键后，就会出现自动档位和手动档位之间的功能切换提示。显示区显示“auto range”表明当前是自动档，使用时应注意观察屏幕的提示。

(3) 档位或功能指示区

在测量不同的参数时，需要将旋钮旋转到对应的功能区，而相应功能往往用符号表示。

(4) 表笔插孔区

在某些功能的测量中，必须要选择合适的插孔。黑表笔始终插在“COM”孔中，红表笔依据选择的功能不同插入不同的孔中。

2. 数字万用表的电压档

万用表测量电压的基本原理是欧姆定律。万用表内部有一个高阻抗电阻，其阻值一般为 $10\text{M}\Omega$ （不同品牌万用表电阻值会有差异，但它们的特点是阻值比较大，因此得名高阻抗万用表）。万用表在内阻电路上串联一个电流表，当所测外部电路有电压时，其电压也加载到万用表内部电阻的两端。此时，万用表内部电流表中就会有电流通过，有了内部固定电阻值和流过内部电路的电流值，利用欧姆定律的演变公式 $U = IR$ ，万用表就能计算出电压值，如图 1-10 所示。

使用万用表测量电压时，必须遵循一定的流程，具体步骤如下：

- 1) 将万用表档位和量程置于直流电压档位的区域，优先选择最大量程。
- 2) 将万用表红表笔插入带有电压符号的红色插孔内。
- 3) 将万用表黑表笔插入“COM”插孔内。
- 4) 在已知电源充足的蓄电池上验证万用表电压档是否正常。将万用表黑表笔连接蓄电池负极，红表笔连接蓄电池正极，若显示电压值为 12V 左右，则表明万用表电压档功能正常。

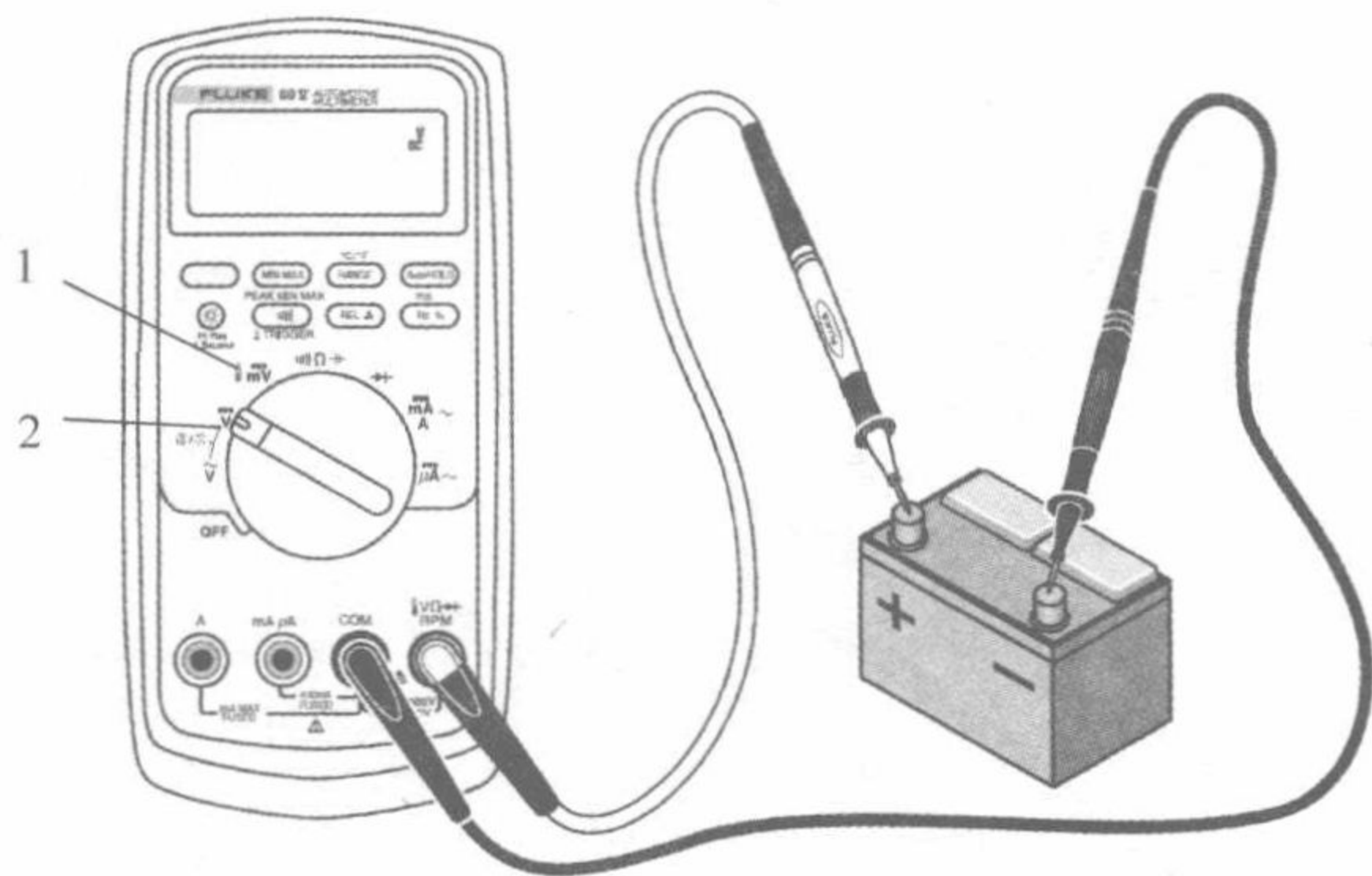


图 1-10 电压档的使用方法
1—直流 mV 2—直流 V

- 5) 在测量电路电压时，万用表红黑表笔分别连接线路的两个点，如果读取的电压值包含 2~3 位小数，则说明档位量程选择偏大。
- 6) 此时应断开万用表红黑表笔与被测电路的连接。
- 7) 转换电压档位到一个较低的量程，继续测量线路两点间的电压，这样测得的电压就是线路电压。

注意：如果红表笔连接电路的供电线路或电源的正极，黑表笔连接被测电路的搭铁回路或电源的负极，则数字万用表显示的电压值为正值。如果数字万用表显示的电压值为负值，表明红黑表笔接反了，但是这样并不会影响测量结果，也不会损坏数字万用表。

3. 数字万用表的电阻档

电阻档可用来测量线路通断，负载的电阻值，传感器的电阻值，线圈、继电器、喷油器等器件的电阻值。

万用表测量电阻的基本原理也是欧姆定律。用万用表测量电阻时，如图 1-11 所示，由万用表的电池供电，再经表内调节，就会有一定电压加载到万用表的红黑表笔上。在不同的电阻档位下，其提供的电压不同，例如在 200MΩ 以下，其提供的电压为 0.45V 左右（不同品牌的万用表，其提供的电压可能不同）。内部电路串联有一个电流表，内部电路与被测电路电阻形成一个闭合回路，因此会有电流流过电流表。万用表内部有了已知固定加载电压值和流过内部电路的电流值（阻值不同，流过电流表的电流不同），利用欧姆定律的演变公式 $R = U/I$ ，万用表就会显示出电阻值。

使用万用表测量电阻时，必须遵循一定的流程，具体步骤如下：

- 1) 将万用表档位置于电阻档，优先选择最小量程。
- 2) 将万用表红表笔插入带有电阻符号的红色插孔内。
- 3) 将万用表黑表笔插入“COM”插孔内。
- 4) 测量万用表内阻。万用表内部或表笔电路自身也有一定电阻，为了准确测量被测电阻的电阻值，首先要测量其内阻。方法是将万用表红黑表笔搭在一起，此时万用表显示的电阻值即其内阻，正常内阻值应该在 2Ω 以内（不同的万用表，其内阻略有不同）。
- 5) 将万用表表笔与被测元件或线路分离，再将电阻档调节到最大量程。
- 6) 将万用表红黑表笔分别搭在被测元件或线路的两端，此时显示的值为被测元件或线

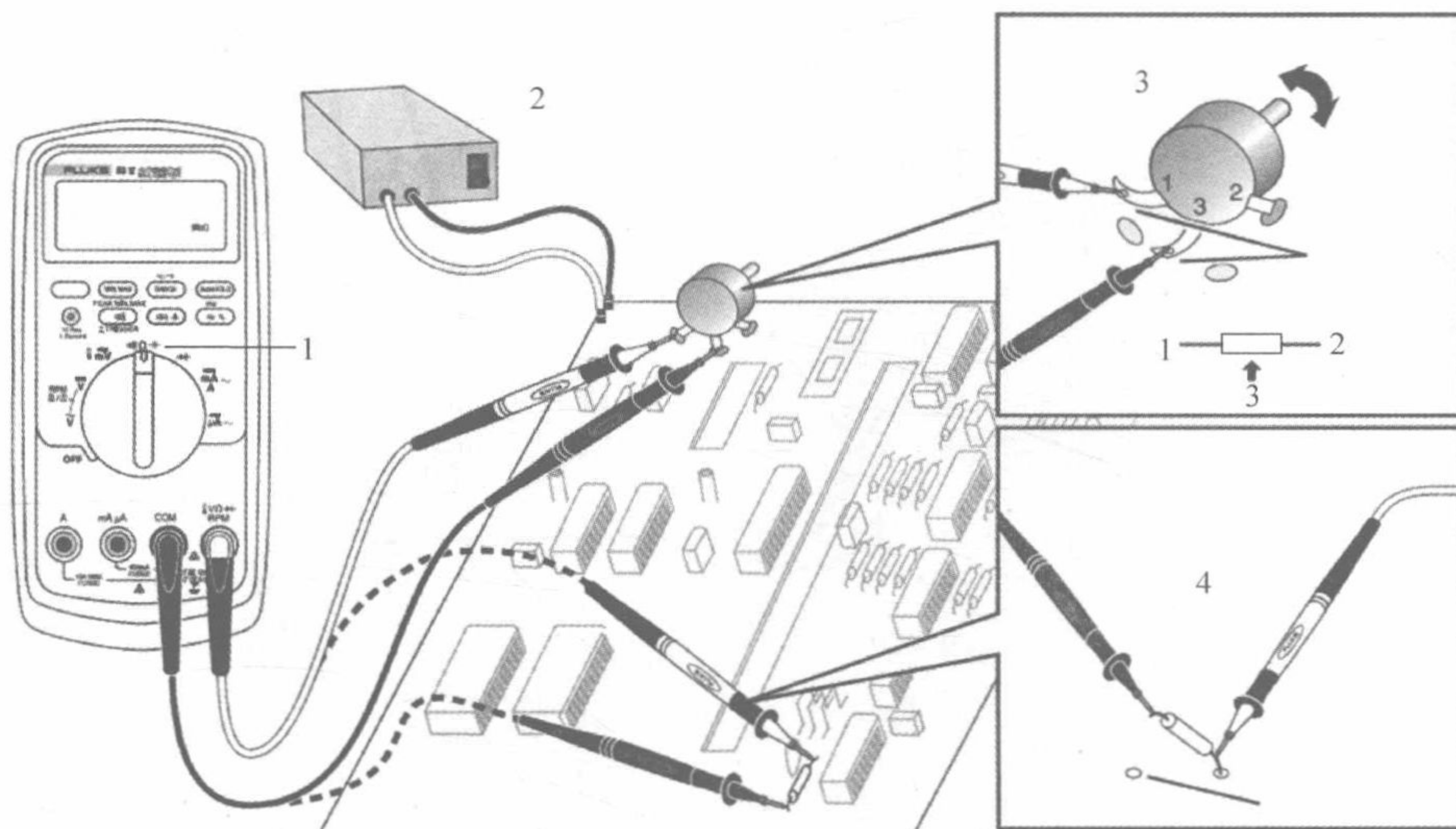


图 1-11 电阻档的使用方法

1—旋转开关位置 2—电源 OFF 3—可变电阻 4—定值电阻

路的电阻和万用表自身电阻的和。

7) 将测量元件或线路的电阻值减去万用表内阻值, 即可得到被测元件或线路的电阻值。

注意: 使用万用表测量电阻时应注意以下事项:

- 1) 测量电阻时, 必须确保万用表电池电量充足 (如果电池电量不足, 则万用表显示面板上会有电池图标不断闪烁)。
- 2) 确保被测元件或线路没有电压存在。
- 3) 确保被测元件或线路与其他线路或元件相互独立。
- 4) 测量被测元件或线路时, 不能用双手触碰万用表的表笔前端金属部分 (因人体有电压存在, 同时人体也有一定阻值)。
- 5) 不能用万用表的电阻档直接测量气囊电阻, 否则可能导致气囊展开。
- 6) 如果测量值显示为 “0L”, 则可能是量程选择偏小, 需要切换到较高的电阻档位进行测量。如果切换到最高档位还是显示为 “0L”, 则表明被测元件或线路内部有开路故障。
- 7) 读数时, 注意万用表上显示的电阻值单位是 Ω 、 $k\Omega$ 、 $M\Omega$ 中的哪一个。

4. 数字万用表的电流档

电流档通常用来测量异常耗电、漏电、跑电等, 这时都是将万用表串联到被测电路中进行测量, 这样被测电流流过万用表的内置电流表, 可直接显示出电流值。为了不影响测量准确度, 万用表自身的阻值越小越好。

使用万用表测量电流时, 必须遵循一定的流程, 才能正确测量电流并保证万用表不被烧毁。如图 1-12 所示, 具体使用步骤如下:

- 1) 将万用表档位置于直流电流档, 优先选择最大量程。
- 2) 将万用表红表笔插入 “20A” 或 “10A” 的红色插孔内。

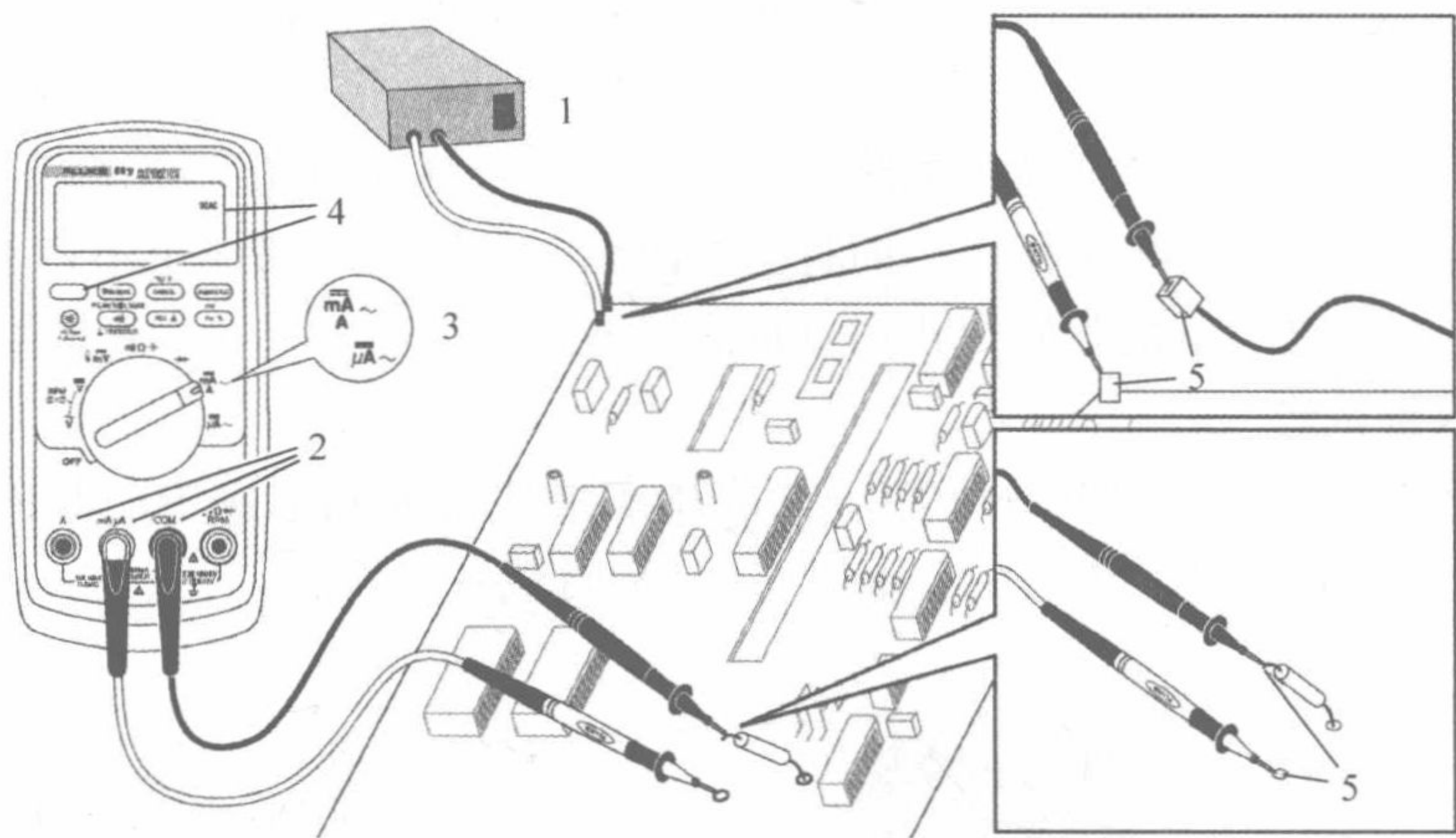


图 1-12 电流档的使用方法

1—电源 ON 2—红表笔插入电流测量孔 3—功能选择旋钮 4—选择并确认：直流/交流 5—串联在被测电路中

- 3) 将万用表黑表笔插入“COM”插孔内。
- 4) 在万用表表笔与被测电路之间串联一个额定电流略小于万用表自身熔丝额定电流的熔丝。例如，表内的熔丝额定电流为20A，应选择15A熔丝，这样做的好处是，万一被测电路电流过大，也不存在烧毁万用表的可能性，只会烧毁串联的熔丝。如果串联的熔丝熔断，则说明被测电路可能存在短路故障，请参照后文介绍的“供电线路对地短路”的检查与测量方法。
- 5) 断开被测电路，将万用表红黑表笔和串联的熔丝一起串联在被测电路的两端。
- 6) 万用表显示值即被测电路的电流值。如果测量值小于1A，则说明量程选择偏大，将万用表表笔与被测电路分离，将红表笔移动到毫安档位的插孔，此时显示的电流值会更精准。

注意：测量电流时要注意以下事项：

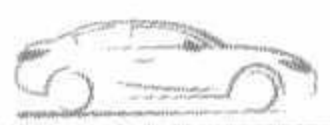
- 1) 万用表的量程：在不知被测电路的电流大小时，通常先使用大电流档测量，然后再根据测量值选择适合的档位进行精确测量。
- 2) 注意测量表笔是串联在电路中的，红表笔接电流流入端，黑表笔接输出端。
- 3) 不能用电流档直接测量供电电源的两端，否则会导致万用表烧毁。

二、试灯

试灯通常用来测量供电线路是否有电，分为普通试灯和发光二极管试灯，在线路测量、驱动信号测量、电源测量中经常使用。两者的区别类似于指针式万用表和数字万用表的区别，普通试灯阻值小，通过电流大；发光二极管试灯阻值大，通过电流小。根据这些区别，人们可以在实际汽车维修及测量中对试灯进行灵活应用。

1. 普通试灯

普通试灯如图 1-13 所示，其功率通常有 3W、5W、10W 三种。普通试灯的优点是显示直观、测量方便；缺点是其只能判断线路是否开路，对于虚接故障则不能准确地反映出来。对于线路虚接类故障，依据虚接电阻的大小以及被测电路功率的大小不同，测量过程中普通



试灯的亮度可能不一样，甚至会出现不亮的现象，由于亮度不能准确量化，因此不便于精确记录和描述。

在实际维修中，首先要考虑被测电路的功率，然后选择相应功率的试灯。通常车间内很难有各种功率的试灯供维修人员使用，而且当线路出现故障时，可能也不知道其具体是开路还是虚接，因此在维修中不推荐使用普通试灯进行测量。

2. 发光二极管试灯

发光二极管试灯如图 1-14 所示，它一般应用在模块化控制电路中。其内部有一个发光二极管和 300Ω 左右的电阻串联，在电压超过 $0.6V$ 时就可以点亮。

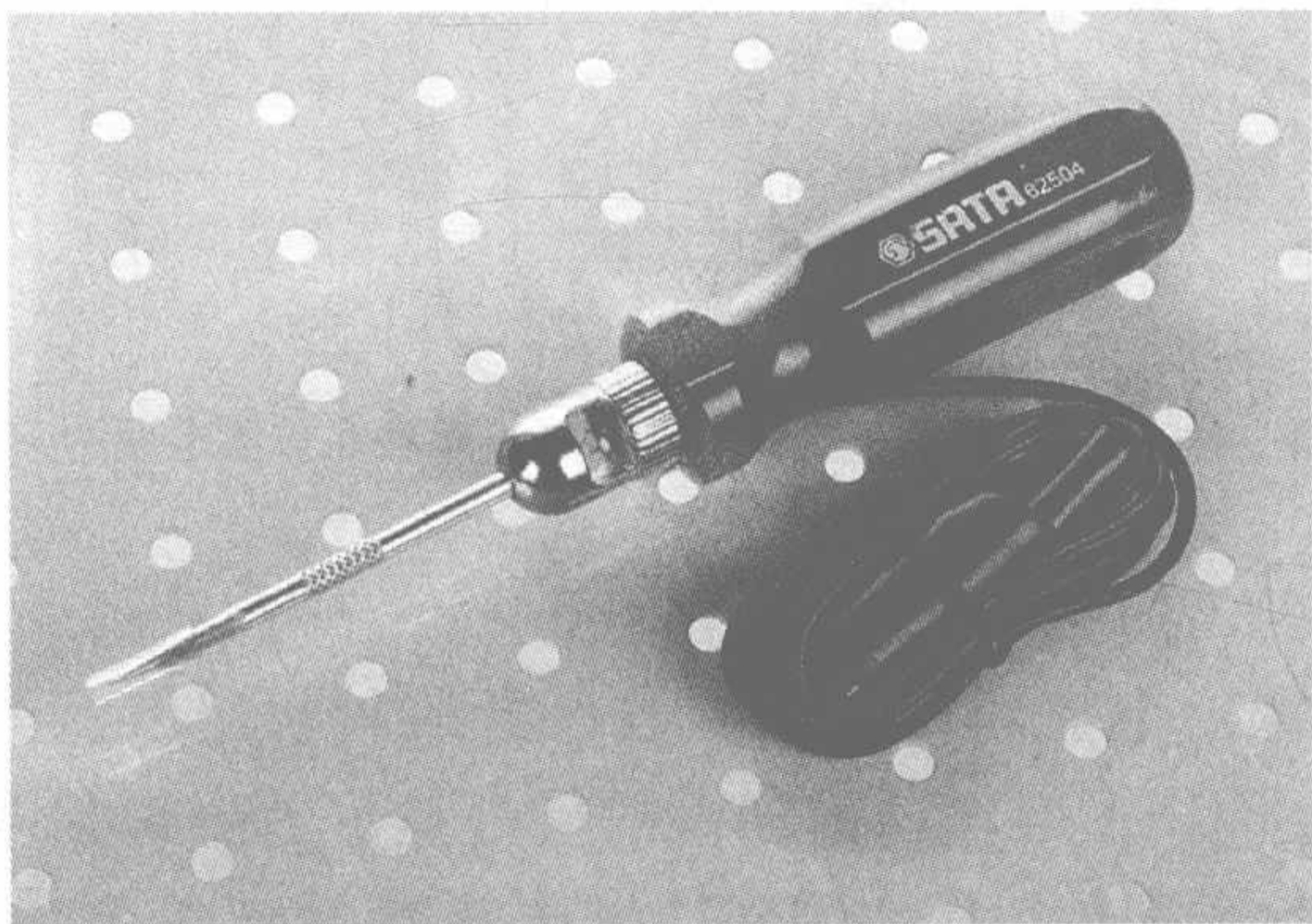


图 1-13 普通试灯

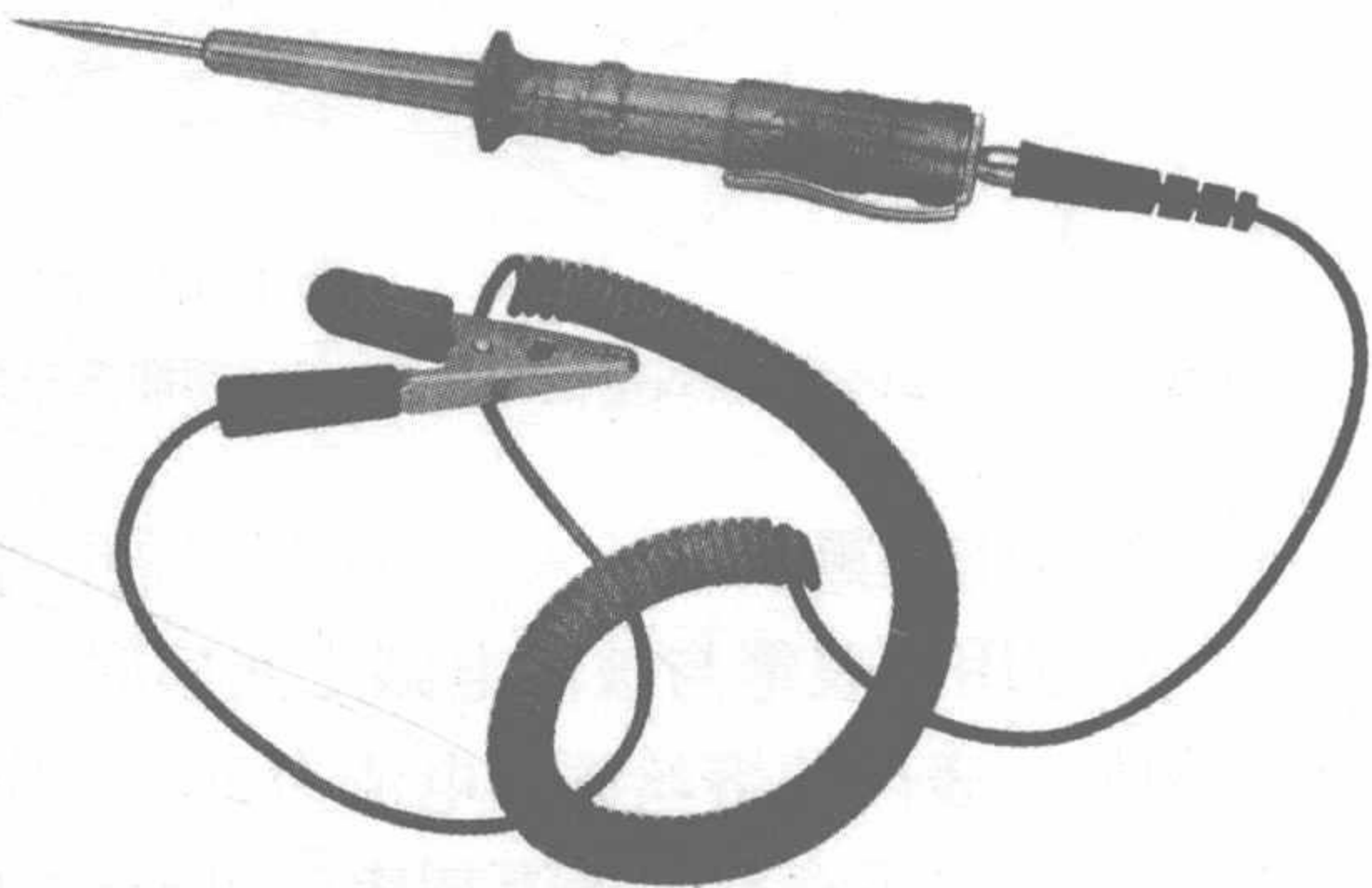


图 1-14 发光二极管试灯

使用时，利用其阻值高、显示直观、点亮迅速等特点，通常将其与被测电路并联，来反馈模块是否对用电设备有控制作用。这样原用电设备的电流会经过模块，发光二极管试灯的电流也会经过模块，模块的总电流与之前增加的电流值相比较小，因此不会导致模块烧毁。

例如测量模块是否控制喷油器工作时，将发光二极管试灯一端连接蓄电池正极，另一端并联到喷油器的控制电路上，正常时发光二极管试灯应该闪烁；如果不闪烁，则说明模块不控制喷油器工作，需进一步检查是否有其他故障。

三、跨接线

跨接线如图 1-15 所示，它也是诊断线路故障的有效工具之一，但其使用也有一定的范围要求。

跨接线的作用是判断线路开路或虚接故障，使用时应注意以下事项：

- 1) 只能用来在用电设备之前的供电线路或搭铁回路之间跨接，不能将负载供电线路与搭铁回路直接跨接。
- 2) 跨接线使用时需串联一个与被测电路功率相当的熔丝，防止线路跨接错误导致其他线路或元件烧毁。



图 1-15 跨接线