



国家中等职业教育改革发展  
示范校建设项目成果

# 电路技术

*dianlu jishu*

主 编 姜海群

副主编 郭雄艺

参 编 关景新 罗文生 周明君 曾少和

1



知识产权出版社

全国百佳图书出版单位

中等职业教育改革发展  
校 建 设 项 目 成 果

# 电路技术

*dianlu jishu*

主 编 姜海群

副主编 郭雄艺

参 编 关景新 罗文生 周明君 曾少和

常州大学图书馆  
藏书章



知识产权出版社

全国百佳图书出版单位

图书在版编目 (CIP) 数据

电路技术/姜海群主编. —北京: 知识产权出版社, 2015. 10

国家中等职业教育改革发展示范校建设项目成果

ISBN 978-7-5130-2201-9

I. ①电… II. ①姜… III. ①电路理论—中等专业学校—教材 IV. ①TM13

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 175882 号

责任编辑: 石隳辉

责任校对: 孙婷婷

封面设计: 刘 伟

责任出版: 卢运霞

国家中等职业教育改革发展示范校建设项目成果

电路技术

姜海群 主 编

出版发行: 知识产权出版社 有限责任公司

社 址: 北京市海淀区马甸南村 1 号

责编电话: 010-82000860 转 8175

发行电话: 010-82000860 转 8101/8102

印 刷: 北京中献拓方科技发展有限公司

开 本: 787mm×1092mm 1/16

版 次: 2015 年 10 月第 1 版

字 数: 310 千字

网 址: <http://www.ipph.cn>

邮 编: 100088

责编邮箱: [shilonghui@cnipr.com](mailto:shilonghui@cnipr.com)

发行传真: 010-82005070/82000893

经 销: 各大网上书店、新华书店及相关专业书店

印 张: 13

印 次: 2015 年 10 月第 1 次印刷

定 价: 40.00 元

ISBN 978-7-5130-2201-9

出版版权专有 侵权必究

如有印装质量问题, 本社负责调换。

## 审定委员会

主 任：高小霞

副主任：郭雄艺 罗文生 冯启廉 陈 强

刘足堂 何万里 曾德华 关景新

成 员：纪东伟 赵耀庆 杨 武 朱秀明 荆大庆

罗树艺 张秀红 郑洁平 赵新辉 姜海群

黄悦好 黄利平 游 洲 陈 娇 李带荣

周敬业 蒋勇辉 高 琰 朱小远 郭观棠

祝 捷 蔡俊才 张文库 张晓婷 贾云富

# 序

根据《珠海市高级技工学校“国家中等职业教育改革示范校建设项目任务书”》的要求，2011年7月至2013年7月，我校立项建设的数控技术应用、电子技术应用、计算机网络技术和电气自动化设备安装与维修四个重点专业，需构建相对应的课程体系，建设多门优质专业核心课程，编写一系列一体化项目教材及相应实训指导书。

基于工学结合专业课程体系构建需要，我校组建了校企专家共同参与的课程建设小组。课程建设小组按照“职业能力目标化、工作任务课程化、课程开发多元化”的思路，建立了基于工作过程、有利于学生职业生涯发展的、与工学结合人才培养模式相适应的课程体系。根据一体化课程开发技术规程，剖析专业岗位工作任务，确定岗位的典型工作任务，对典型工作任务进行整合和条理化。根据完成典型工作任务的需求，四个重点建设专业由行业企业专家和专任教师共同参与的课程建设小组开发了以职业活动为导向、以校企合作为基础、以综合职业能力培养为核心，理论教学与技能操作融会贯通的一系列一体化项目教材及相应实训指导书，旨在实现“三个合一”：能力培养与工作岗位对接合一、理论教学与实践教学融通合一、实习实训与顶岗实习学做合一。

本系列教材已在我校经过多轮教学实践，学生反响良好，可用做中等职业院校数控、电子、网络、电气自动化专业的教材，以及相关行业的培训材料。

珠海市高级技工学校

# 前 言

本书是电子技术应用专业优质核心课程“电路技术”的教材。课程建设小组以电路安装职业岗位工作任务分析为基础,以国家职业资格标准为依据,以综合职业能力培养为目标,以典型工作任务为载体,以学生为中心,运用一体化课程开发技术规程,根据典型工作任务和工作过程设计课程教学内容和教学方法,按照工作过程的顺序和学生自主学习的要求进行教学设计并安排教学活动,共设计了四个项目,每个项目任务下设计了四五个任务,每个任务活动通过相应的教学环节,完成学习活动。通过这些学习任务,重点对学生进行电子行业的基本技能、岗位核心技能的训练,并通过完成四个典型工作任务的课程教学达到与电子行业对应的电路安装岗位的对接,实现“学习的内容是工作、通过工作实现学习”的工学结合课程理念,最终达到培养高素质技能人才的培养目标。

本书由我校电子技术应用专业相关人员与恒波、安联锐视等单位的行业企业专家共同开发、编写完成。本书由姜海群担任主编,郭雄艺担任副主编,参加编写的人员有关景新、罗文生、周明君、曾少和,全书由姜海群统稿。

由于时间仓促,编者水平有限,加之改革处于探索阶段,书中难免有不妥之处,敬请专家、同仁给予批评指正,为我们的后续改革和探索提供宝贵的意见和建议。

编者

# 目 录

## 项目一 万用表的组装与调试

|                        |    |
|------------------------|----|
| ——直流电路的实训与研究 .....     | 1  |
| 任务一 认知直流电路 .....       | 2  |
| 任务二 电阻串联、并联电路的研究 ..... | 13 |
| 任务三 认识电功率与电能 .....     | 18 |
| 任务四 复杂直流电路的研究 .....    | 24 |
| 任务五 万用表的组装与调试 .....    | 42 |

## 项目二 车间异常情况呼叫电路的组装与调试

|                            |     |
|----------------------------|-----|
| ——磁场与电场的实训与研究 .....        | 63  |
| 任务一 磁现象探究 .....            | 64  |
| 任务二 电磁感应 .....             | 71  |
| 任务三 互感与变压器 .....           | 80  |
| 任务四 电场与电容 .....            | 87  |
| 任务五 车间异常情况呼叫电路的组装与调试 ..... | 108 |

## 项目三 照明电路的设计与安装

|                          |     |
|--------------------------|-----|
| ——单相交流电的实训与研究 .....      | 115 |
| 任务一 单相正弦交流电的认识 .....     | 116 |
| 任务二 纯电阻、电感、电容电路的研究 ..... | 127 |
| 任务三 单相交流电路的研究 .....      | 133 |
| 任务四 家用照明电路的设计与安装 .....   | 141 |
| 任务五 小型配电箱安装与测试 .....     | 164 |

## 项目四 电力供电系统模型的制作

|                       |     |
|-----------------------|-----|
| ——三相供电及安全用电基础知识 ..... | 174 |
| 任务一 模拟三相交流电源 .....    | 175 |
| 任务二 构建电力系统的模型 .....   | 184 |
| 任务三 安全用电活动策划 .....    | 186 |
| 任务四 触电急救 .....        | 192 |

# 项目一

## 万用表的组装与调试

——直流电路的实训与研究

### 项目目标

#### 【知识目标】

- (1) 理解电路相关基本物理量的概念。
- (2) 掌握串联电路、并联电路的特点。
- (3) 分析计算较简单的直流电路。

#### 【技能目标】

- (1) 会测量电路中的电流、电压等基本物理量。
- (2) 会检测电阻、电容、二极管等元器件。
- (3) 能用仿真软件对电路进行分析。
- (4) 会组装和调试指针式万用表。

#### 【情感目标】

- (1) 培养理论联系实际的学习习惯和实事求是的科学精神。
- (2) 培养自主性、研究性的学习方法。
- (3) 培养严谨、认真的学习态度。
- (4) 初步培养学生的团队合作精神，形成产品意识、质量意识、安全意识。

### 项目情景

#### 【情景一】

通过拆装手电筒，观察其内部结构，掌握电路的组成及各部分的作用。

#### 【情景二】

学生在教师的指导下拆卸万用表（MF-47 型万用表），观察其内部结构。教师结合实



物指出电路中的电阻、电容、二极管等元器件，引导学生认识各元器件的作用，电流、电压、电阻等物理量的测量方法，指出哪些电路为串联、哪些电路为并联、哪些电路为混联。

项目任务

万用表分指针式与数字式两种，如图 1-1 所示，本项目主要完成指针式万用表的组装与调试。由情景二知道，组装万用表要用到电阻、电容、二极管等元器件，为此在技能方面要学习电阻电容、二极管等元器件的识别与检测；有了这些元器件，还要将其焊接成电路并进行调试，为此要学习焊接技术与电路调试方法等；万用表是用来测量电流、电压、电阻等电学物理量的，为此还要学习电流、电压、电阻等物理量的概念；万用表电路中有串联、并联、混联电路，对于由多个元器件组成的电路，可以把它简化成由一两个元器件组成的比较简单的电路，为此还要学习电阻的串联与并联电路以及可以对电路分析化简的戴维南定理、基尔霍夫定律等理论知识；为了对电路进行分析，更好地掌握相关定律，要学会 Proteus 软件的操作方法。



图 1-1 指针式万用表与数字式万用表

### 任务一 认知直流电路

案例

手电筒是大家所熟悉的一种用来照明的简单用电器具，如图 1-2 所示。

- 它由如下四部分组成。
- (1) 干电池，它将化学能转换为电能。

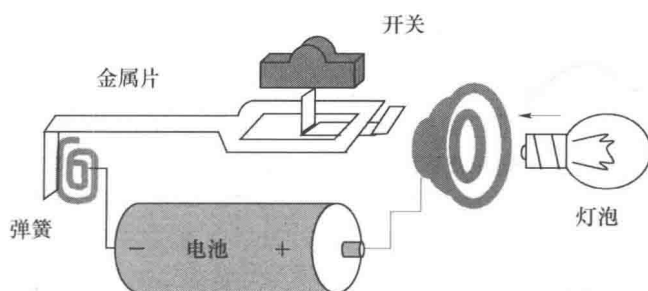


图 1-2 手电筒电路

(2) 灯泡，它将电能转换为光能。

(3) 开关，通过它的闭合与断开，能够控制灯泡的发光情况。

(4) 金属容器、卷线连接器，它相当于传输电能的金属导线，提供了手电筒中其他元器件之间的连接。

## 研究一 电流与电路的状态

选择适当的电流表、白炽灯和电池（1.5V 的干电池若干节），用导线连接电路，如图 1-3 所示。

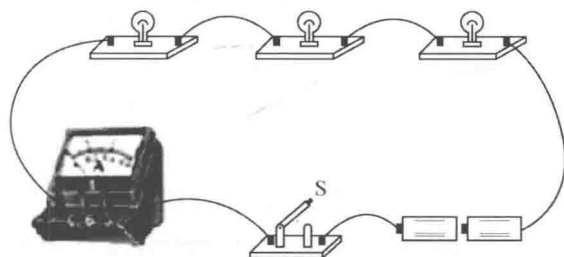


图 1-3 简单直流电路

连接好以后，完成如下实验：断开开关 S，此时灯不亮，电流表的读数为“0”，说明电路中没有电流；闭合开关 S，此时灯亮，同时电流表的指针会指向某一刻度，说明电路中有电流通过。那么，什么是电流呢？

我们知道，铜是由铜原子组成的，而铜原子是由带正电的原子核与围绕原子核运动且带负电的电子组成的。通常这些带负电的电子运动是无规则、不定向的，当由铜做成的导线接通电源构成闭合电路时，这些电子会在电源的作用下定向移动，形成电流（可做仿真实验）。

定义：电荷的定向移动形成电流。规定单位时间内流过导线某一横截面的电荷量称为电流强度，简称电流，即

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

式中  $I$ ——电流，单位为安[培](A)；

$\Delta t$ ——规定时间，单位为秒(s)；

$\Delta Q$ ——规定时间内通过导体某一横截面的电荷量，单位为库[仑](C)。

根据以上描述可得：电流的常用单位有安〔培〕（A）、毫安（mA）与微安（ $\mu\text{A}$ ），它们之间的换算关系为： $1\text{A}=1000\text{mA}$ ， $1\text{mA}=1000\mu\text{A}$ 。

知识链接一

电路与电路的状态

一、电路模型

为了便于分析与研究，通常将图 1-2 所示的手电筒电路简化成图 1-4 所示的电路模型，电路模型简称电路。今后如不作特别说明，书中“电路”指的都是电路模型。电路模型中的元器件都是理想元器件。

电路模型中的各种电气元器件与设备，都用特定的图形符号和文字符号来表示。部分常用元器件的图形符号与文字符号见表 1-1。

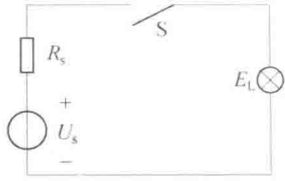


图 1-4 手电筒电路模型

表 1-1 部分常用元器件的图形符号与文字符号

|      |       |             |     |     |    |     |     |
|------|-------|-------------|-----|-----|----|-----|-----|
| 图形符号 |       |             |     |     |    |     |     |
| 文字符号 | $E_L$ | $E$ 或 $U_s$ | $R$ | FU  | S  | $L$ | $C$ |
| 名称   | 照明灯   | 直流电源        | 电阻  | 熔断器 | 开关 | 电感  | 电容  |

在此，我们对电阻与熔断器分别作一解释。

电阻。能导电的物体称为导体，导体对电流都有一定的阻碍作用，这种阻碍作用用电阻表示。有的物体对电流阻碍作用小，如常用的铜导线，习惯把它们称为导体；有些物体对电流的阻碍作用很强，不能导电，如橡胶等，把它们称为绝缘体。

电阻的单位是欧〔姆〕（ $\Omega$ ），常用单位还有千欧（ $\text{k}\Omega$ ）与兆欧（ $\text{M}\Omega$ ），三者换算关系为

$$1\text{M}\Omega=1000\text{k}\Omega \quad 1\text{k}\Omega=1000\Omega$$

熔断器。熔断器中的主要部分——熔体是熔点较低的一类导体，当电路中电流过大时，它会很快或立即熔断，对电路起保护作用（熔断器的作用可通过仿真实验得出）。

表 1-1 中的电感、电容将在项目二、项目三中去研究。

二、电路的组成

请同学们观察图 1-3 所示简单直流电路，完成表 1-2。

表 1-2 电路的组成

|          |  |  |  |  |
|----------|--|--|--|--|
| 电路的组成    |  |  |  |  |
| 元器件名称或符号 |  |  |  |  |
| 作用       |  |  |  |  |

根据观察研究，我们得到，电路是由电源、导线、开关（控制器件）和负载（用电器）

组成的。各元器件的作用如下。

电源——提供电能，输出电流或电压。

导线——连接电路的元器件。

开关——控制电路的通断。

负载——实现电能转换，如荧光灯把电能转换成光能。负载的种类很多，请同学们在生活中去分析研究它们。

图 1-5 所示的三个电路图，分别表示了电路的开路、短路和通路三种状态。

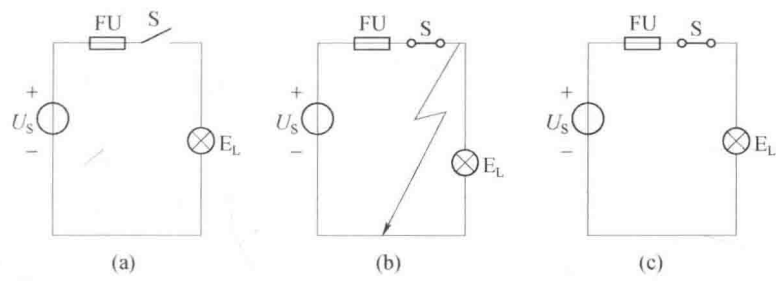


图 1-5 电路的工作状态  
(a) 开路；(b) 短路；(c) 通路

根据生活经验和通过仿真，请同学们完成表 1-3。

| 表 1-3 电路的工作状态 |    |    |    |
|---------------|----|----|----|
| 电路状态          | 开路 | 短路 | 通路 |
| 现象            |    |    |    |
| 原因            |    |    |    |

根据推理分析，我们得到如下结论。

(1) 如图 1-5 (a) 所示，电路处于开路状态时，灯  $E_L$  不亮，因电路中没有电流。

(2) 如图 1-5 (b) 所示，电路处于短路状态时，灯  $E_L$  不亮，电路中电流会很大，所以熔断器会立即熔断。

(3) 如图 1-5 (c) 所示，电路为正常的通路状态时，灯  $E_L$  得到额定电压、通过额定电流，会正常发光。

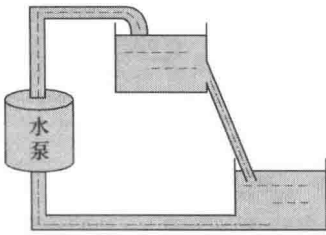
研究二

电位与电压的测量

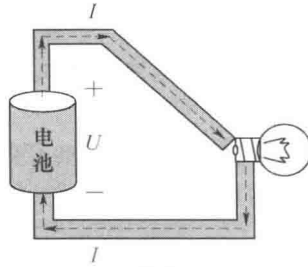
在电路中，电流之所以能够持续产生是因为有相当于水泵作用的干电池存在，电池具有持续产生电压的能力。电压在电路中的作用相当于水压的作用，所以能保证电流的持续流通，不断地为负载提供能量，使电路正常工作，如图 1-6 所示。

选择适当的直流电源、电流表、电阻和开关连接图 1-7 所示电路，完成以下测量任务：合上电源开关，用电压表测量 A、B、C、D 点与 O 点及其之间的电压，并把测量结

果记录在表 1-4 中。



水的流动



电流的产生

图 1-6 电流的产生

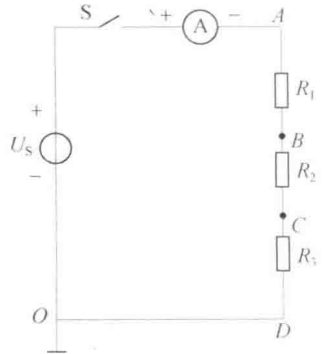


图 1-7 实验电路

表 1-4 电压测量记录

| $U_{AO}/V$ | $U_{BO}/V$ | $U_{CO}/V$ | $U_{DO}/V$ | $U_{AB}/V$ | $U_{BC}/V$ | $U_{CD}/V$ |
|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
|            |            |            |            |            |            |            |

【思考与分析】

- (1)  $U_{AO}$ 、 $U_{BO}$ 、 $U_{CO}$ 、 $U_{DO}$ 为什么会逐渐减小？
- (2)  $U_{AB}$ 、 $U_{BC}$ 、 $U_{CD}$ 、 $U_{DO}$ 与各自的电阻有什么关系？

知识链接二 电位、电压、欧姆定律

一、电位

由表 1-4 的测量结果可以发现，在由 A 点到 D 点的测量过程中，电压表的读数是依次减小的，这是为什么呢？

引入电位能的概念就可解释这一测量引出的问题。首先要在电路中选择参考点，并设定参考点的电位能为零（电路中一般把电源负极选作参考点，工程上一般选择大地为参考点）。在图 1-7 中，选 O 点作为参考点，AO 两点间有 3 个电阻消耗电能，BO 之间有 2 个电阻消耗电能，CO 之间只有 1 个电阻消耗电能，即 A、B、C、D 各点的电位能是依次下降的。

在电路中常用电位来描述电位能的高低。某点的电位规定为单位正电荷自该点移动到参考点时电场力所做的功，可用  $U_A$ 、 $U_B$  等表示。电位的单位为伏 [特] (V)，辅助单位还有千伏 (kV)、毫伏 (mV)，它们之间的换算关系为  $1\text{kV} = 1000\text{V}$ ， $1\text{V} = 1000\text{mV}$ 。

二、电压

在电路中，两点间的电位差就是这两点间的电压，单位与电位的单位相同。由表 1-4

可知：A、B 两点的电位为  $U_A$ 、 $U_B$ ，两点间的电压为  $U_{AB} = U_A - U_B$ ，若  $U_A = 12\text{V}$ ， $U_B = 6\text{V}$ ，则  $U_{AB} = 12\text{V} - 6\text{V} = 6\text{V}$ 。

### 三、部分电路欧姆定律

根据物理学知识可知，通过一段导体的电流，与导体两端的电压成正比，与该段导体的电阻成反比，该规律叫欧姆定律，即

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

式中  $I$ ——流过导体的电流，单位为安 [培] (A)；

$U$ ——导体两端的电压，单位为伏 [特] (V)；

$R$ ——导体的电阻，单位为欧 [姆] ( $\Omega$ )。

### 四、全电路欧姆定律

在一个闭合回路（见图 1-8）中，电流  $I$  与电源的电动势  $E$  成正比，与电路中的内电阻和外负载电阻之和 ( $R_0 + R_L$ ) 成反比，称为全电路欧姆定律。其表达式为

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

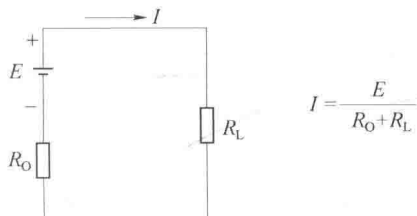


图 1-8 全电路的欧姆定律

## 知识链接三

### 万用表的使用

#### 一、认识万用表

(1) 熟悉万用表转换开关、机械调零旋钮、插孔（红表笔插入“+”插孔、黑表笔插入“-”插孔，如要测量 2500V 的高压，将红表笔插入高压插口即可）等的作用，查看“□”，确定是水平放置使用还是“⊥”垂直放置使用。

(2) 熟悉刻度盘上每条刻度线与转换开关对应的测量电量。

(3) 进行机械调零，旋动万用表面板上的机械调零旋钮，使指针对准刻度盘左端的“0”。

#### 二、用万用表测量的物理量

##### 1. 测量直流电流

(1) 把转换开关拨到直流电流挡，选择合适的量程。

(2) 将万用表串联在被测电路中，电流应从红表笔流入、黑表笔流出，不可接反。若发现表针反偏，应立即调换红、黑表笔的接入位置。

(3) 根据指针稳定时的位置及所选量程正确读数。电流表指示值的读数方法是：单位刻度的权数乘以刻度数。在图 1-9 中，当转换开关位于“10mA”挡时，指示值为  $3.5 \times 2\text{mA} = 7\text{mA}$ ；当转换开关位于“50mA”挡时，指示值为  $3.5 \times 10\text{mA} = 35\text{mA}$ ；当转换开关位于“250mA”挡时，指示值为  $3.5 \times 50\text{mA} = 175\text{mA}$ ；以此类推。

### 2. 测量直流电压

(1) 把转换开关拨到直流电压挡，并选择合适的量程。若不知被测电压的数值范围时，可先选用较大的量程，如不合适则逐步减小，最好使表针指在满刻度的  $2/3$  处附近。

(2) 把万用表并联在被测电路中，红表笔接被测电压的正极、黑表笔接被测电压的负极。发现表针反偏，应立即调换红、黑表笔的接入位置。

(3) 根据指针稳定时的位置及所选量程正确读数。电压表指示值的读数方法与电流表指示值的读数方法相同（见图 1-10）。当转换开关位于“10V”挡时，指示值为 7V；当转换开关位于“50V”挡时，指示值为 35V；当转换开关位于“250V”挡时，指示值为 175V；以此类推。

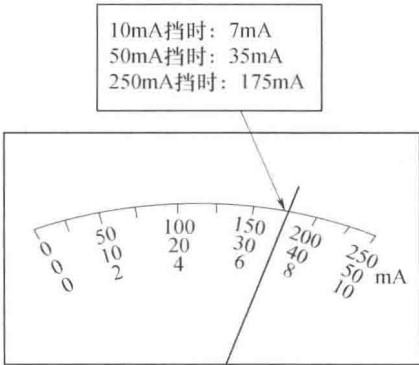


图 1-9 测直流电流时的读数方法

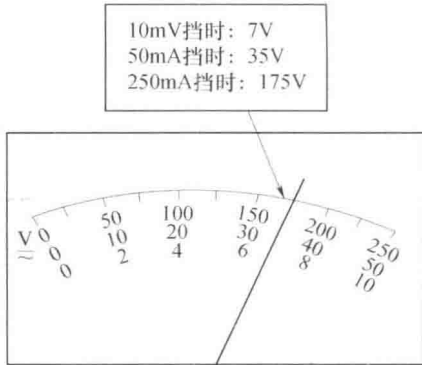


图 1-10 测直流电压的读数方法

### 3. 测量交流电压

(1) 把转换开关拨到交流电压挡，选择合适的量程。

(2) 将万用表并联在被测电路的两端，不分正负极。

(3) 根据指针稳定时的位置及所选量程正确读数，读数方法与测量直流电压时相同，但需注意的是其读数为交流电压的有效值。

### 4. 测量电阻

(1) 把转换开关拨到欧姆挡，合理选择量程。

(2) 两表笔短接，旋转欧姆调零旋钮，使表针指到电阻刻度右边的“0”  $\Omega$  处。

(3) 将被测电阻与电路断开，用两表笔接触电阻两端，将表头指针显示的读数乘所选量程的倍率数即为所测电阻的阻值。欧姆刻度线的特点是：最右边为“0”  $\Omega$ ，最左边为“ $\infty$ ”，且为非线性刻度。





(4) 测量完毕后, 将转换开关置于交流电压最高挡或 OFF 挡。

## 2. 测量电阻时的注意事项

(1) 不允许带电测量电阻, 否则会烧坏万用表。

(2) 万用表内干电池的正极与面板上“—”(黑色)插孔相连, 干电池的负极与面板上的“+”(红色)插孔相连。在测量电解电容和晶体管等器件的电阻时要注意极性。

(3) 每换一次倍率挡, 要重新进行欧姆调零。

(4) 不允许用万用表电阻挡直接测量高灵敏度表头内阻, 以免烧坏表头。

(5) 不准用两只手捏住表笔的金属部分测电阻, 否则会将人体电阻与被测电阻并联而引起测量误差。

(6) 测量完毕, 将转换开关置于交流电压最高挡或 OFF 挡。

## 五、万用表的维护

(1) 测量完毕后, 应拔出表笔, 并将转换开关置于交流电压最高挡或 OFF 挡, 防止下次开始使用时不慎烧坏万用表。

(2) 长时间搁置不用时, 应将万用表中的电池取出, 以防止电池电解液渗漏而腐蚀万用表内部电路。

(3) 平时要保持万用表干燥、清洁, 严禁剧烈震动与机械冲击。

### 知识拓展一

### 指示仪表的误差

在电路实验中, 把被测量转变成机械位移从而指示被测量大小的电工仪表, 称为电工测量指示仪表, 简称指示仪表。在电工测量中, 被测量的实际值是客观存在的, 但由于指示仪表在生产过程中的生产技术原因、测量环境及测量技术的影响, 以及最小刻度数后一位数字的估读差别等, 使得测量值与实际值总是存在一定的误差。通过提高测量技术, 可以尽量减小测量误差。

#### 一、仪表的误差

在电路实验中, 我们把测量值与实际值之间的差异叫作仪表误差。根据引起误差的原因, 可以将误差分为系统误差、随机误差和粗大误差。

##### 1. 系统误差

系统误差是指在一定的条件下, 测量误差的数值保持恒定或按一定规律变化的误差。系统误差是由于仪表不完善、测量方法不严格、测量条件不稳定引起的, 可以通过选择正确的测量方法和仪表、引入修正值等方法予以消除。

##### 2. 随机误差

在相同的条件下多次测量同一量值时, 误差的大小和符号随机变化, 这种误差称为随机误差或偶然误差。由于误差具有随机性, 因此可以采用多次测量取平均值的方法来削弱随机误差。