

项目驱动

中等职业教育课程改革规划新教材

任务引领

电工技术 基础与技能

(项目式教学)

南京市职业教育教学研究室 组编

周德仁 主编

DIANGONG JISHU JICHU YU JINENG



赠电子教案

掌握就业的技能

体验学习的快乐



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

中等职业教育课程改革规划新教材

电工技术基础与技能

(项目式教学)

南京市职业教育教学研究室 组 编
周德仁 主 编
王 英 赵 萍 副主编
濮方文 张 伟 孙 斌 参 编



机械工业出版社

本书是根据教育部最新颁布的中等职业学校电工技术基础与技能教学大纲编写的。

本书设有万用表的组装与调试、照明电路的设计与安装、病员呼叫电路的组装与调试、安全用电活动策划、星—三角减压起动器的安装与调试等五个项目。内容涵盖简单直流电路,复杂直流电路,单相交流电路,磁场、电场知识,安全用电常识与触电急救以及电气火灾的防控,三相交流电路,三相异步电动机及其简单控制,另外还介绍了 EWB、Multisim 等软件的使用方法。每个任务与生产和生活实际相结合,任务设计从简单到复杂、从单一到综合,为项目工作任务的完成做了必要的知识与技能铺垫,符合学生认知规律。

本书编写体例新颖,充分体现项目教学、任务引领、理实一体的课程思想,可供中等职业学校电类和机电类专业使用,也可供相关专业从业人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

电工技术基础与技能(项目式教学)/周德仁主编. —北京:机械工业出版社, 2009. 8

中等职业教育课程改革规划新教材

ISBN 978-7-111-27428-5

I. 电… II. 周… III. 电工技术—专业学校—教材 IV. TM

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 093533 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:高倩 张值胜 责任编辑:王娟

版式设计:霍永明 责任校对:陈延翔

封面设计:马精明 责任印制:杨曦

唐山丰电印务有限公司印刷

2009 年 9 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm·14 印张·343 千字

0001—3000 册

标准书号:ISBN 978-7-111-27428-5

定价:24.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

销售服务热线电话:(010)68326294

购书热线电话:(010)88379639 88379641 88379643

编辑热线电话:(010)88379934

封面防伪标均为盗版

前 言

本书是依据“国务院关于大力推进职业教育改革与发展的决定”，结合“教育部关于加快发展中等职业教育的意见”，根据“以服务为宗旨、以就业为导向”的指导思想，在深入开展项目教学课改的基础上，参照教育部最新颁布的中等职业学校电工技术基础与技能教学大纲编写的。

电工技术基础与技能是中等职业学校电类专业的一门基础课程。根据新大纲的要求，本书力争完成以下任务：使学生掌握电类专业必备的电工技术基础知识和基本技能，具有分析和处理生产与生活中一般电工问题的基本能力，具备继续学习后续电类专业技能课程的基本学习能力，为获得相应的职业资格证书打下基础。同时培养学生的职业道德与职业意识，提高学生的综合素质与职业能力，增强学生适应职业变化的能力，着重培养学生的自主性、研究性学习的能力，为学生职业生涯的发展奠定基础。

本书具有以下鲜明特点：

1. 紧密贴合新大纲，以电类专业学生的就业为导向，根据行业专家对专业所涵盖的职业岗位群进行的工作任务和职业能力分析，以本专业共同具备的岗位职业能力为依据，遵循学生认知规律，紧密结合职业资格证书中的电工技能要求，确定本课程的项目模块和教材内容。

2. 在项目的选取和典型任务确定上充分考虑到了技能的通用性、针对性和实用性，所选取的工作任务能使学生的知识、技能、素养全面发展，使学生形成自主性、研究性学习的能力。全书共设有万用表的组装与调试、照明电路的设计与安装、病房呼叫电路的组装与调试、安全用电活动策划、星—三角减压起动器的安装与调试等五个项目。内容涵盖简单直流电路，复杂直流电路，单相交流电路，磁场、电场知识，安全用电常识与触电急救以及电气火灾的防控，三相交流电路，三相异步电动机及其简单控制。

3. 编写体例新颖，充分体现项目教学、任务引领、理实一体的课程思想。本书以项目来组织内容，下设若干任务，每个任务又分为知识链接、知识拓展、实验研究、技能拓展等若干模块。每个项目还设计了项目评价报告来替代常规教学的实习报告，用学生工作页、思考（量较少）及技能复习训练替代常规教学的课后作业，把学生的学习贯穿到课前、课堂与课后，为学生自主性、研究性的学习搭建了一个理想的学习平台。让学生在“真实”的情境中，通过自主学习，构建自己的“知识与技能”。

4. 理论与实践相结合，倡导通过仿真实验、实验与技能训练进行研究性学习，培养学生理论联系实际的哲学思想和创新能力。教材在编写中还突出了新技术、新知识、新工艺和新标准的学习与应用。

5. 与常规教材相比，在够用知识点不减少的情况下降低了理论要求。提倡评价方式的多元化，通过素养、技能、知识、创新与思想方法、团队合作等几个方面培养学生的创新能力、自主研究性的学习方法及集体主义精神等。如果每个项目及项目评价都能完成，学生综合成绩评价的比例可以考虑为期中占20%、平时占50%、期末占30%。

本书由周德仁担任主编并统稿，王英、赵萍担任副主编，濮方文、张伟、孙斌参编。其中项目一由周德仁、赵萍编写，项目二由王英编写，项目三由孙斌编写，项目四由濮方文编写，项目五由张伟编写。在本书编写过程中，还有幸得到了孔晓华、白秉旭、李传珊等老师的帮助，南京莫愁中等专业学校、南京六合职业教育中心校、南京下关职业教育中心校、南京新港职业学校等广大师生也给予了大量的协助，参阅了多种同类教材和专著，在此一并致以诚挚的感谢。

由于编写时间仓促，编者水平所限，教材中难免存在错误和不足之处，敬请读者予以指正。

建议本教材教学学时数如下表所示，由于不同地区、不同条件、不同学生的差异，具体的学时数可由任课教师作适当调整。

序 号	项 目	课 时		
		理 论	实 践	合 计
1	项目一 万用表的组装与调试	20	20	40
2	项目二 照明电路的设计与安装	16	16	32
3	项目三 病员呼叫电路的组装与调试	16	12	28
4	项目四 安全用电活动策划	4	4	8
5	项目五 星—三角减压起动器的安装与调试	10	16	26
6	机动	6	4	10
7	合计	72	72	144

编 者

目 录

前言	
项目一 万用表的组装与调试	
——直流电路的实验与研究	1
任务一 感知、认知直流电路	2
任务二 电阻串、并联电路的实验 与研究	12
任务三 电功率与电能及电阻的混联	16
任务四 复杂直流电路的计算	19
任务五 万用表的组装与调试	38
学生工作页	46
项目二 照明电路的设计与安装	
——单相交流电的实验与 研究	51
任务一 单相正弦交流电	52
任务二 纯电阻、电感、电容电路的 实验与研究	59
任务三 单相交流电路的实验与研究	66
任务四 家用照明电路的设计与安装	78
任务五 小型配电箱安装与测试	92
任务六 电工技能拓展	97
学生工作页	108
项目三 病员呼叫电路的组装与调试	
——磁场与电场的实验与 研究	113
任务一 磁场及其基本物理量	114
任务二 电磁感应	118
任务三 互感与变压器	126
任务四 电场与电容	138
任务五 住院病员呼叫电路的 组装与调试	154
学生工作页	156
项目四 安全用电活动策划	
——安全用电基础知识	161
任务一 安全用电	162
任务二 触电急救	169
学生工作页	175
项目五 星—三角减压起动器的 安装与调试——三相 交流电路实验与研究	178
任务一 三相星形、三角形负载的 实验与研究	180
任务二 低压电器与电动机控制电路 探究与实验	187
任务三 按钮控制的 QJX 系列星—三角 减压起动器设计与安装	196
学生工作页	203
附录 电路仿真软件 Multisim 10.0 简介	207
参考文献	217

项目一 万用表的组装与调试

——直流电路的实验与研究

教学目标



知识目标

1. 理解电路和基本物理量的概念
2. 掌握串、并联电路的特点
3. 会分析计算较简单的复杂直流电路



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. 能用实验分析和验证电路的基本规律、定理或定律
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与实事求是的哲学思想
2. 培养学生的自主性、研究性学习方法与思想
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

项目分析

情境一：

电工电子实验室，学生每人一块 MF—47 型万用表。学生在教师的指导下分别测量简单电路中的电流、电压、电阻等。

情境二：

学生在教师的指导下拆卸万用表，观察其内部结构。MF—47 型万用表的印制电路板如图 1-1-1 所示。教师结合实物指出电路中的电阻、电容、二极管等元器件，说明电流、电压、电阻等物理量的测量电路，指出哪些电路为串联、哪些电路为并联、哪些电路为混联，以及哪些电路可以等效成电压源与电阻的串联电路。

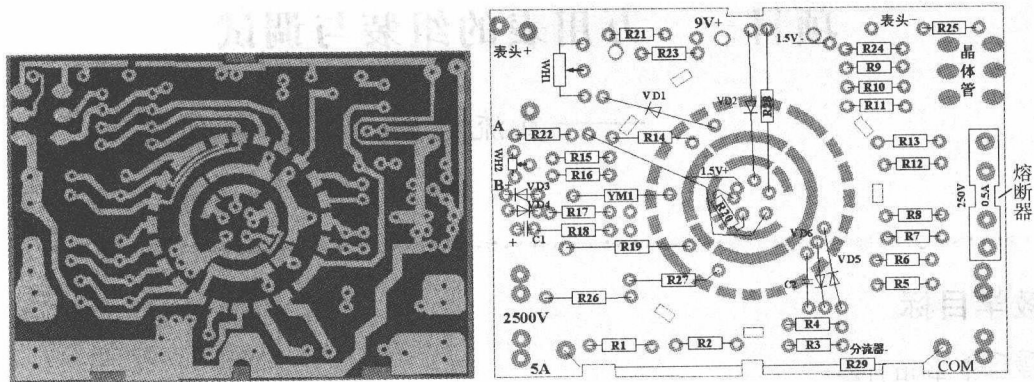
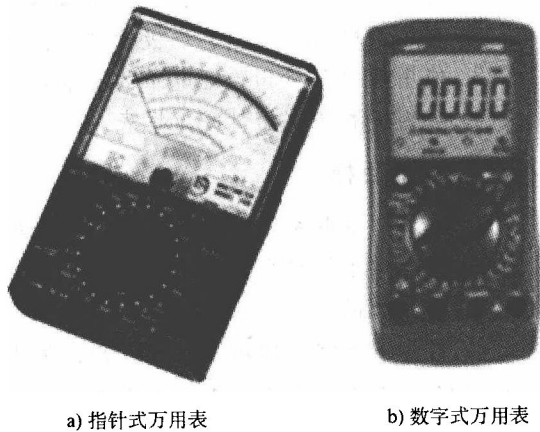


图 1-1-1 MF—47 型万用表的印制电路板

项目任务

万用表分指针式与数字式两种，如图 1-1-2 所示，本项目主要完成指针式万用表的组装与调试。由情景一、二知道，组装万用表要到电阻、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、二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。



a) 指针式万用表

b) 数字式万用表

图 1-1-2 指针式万用表与数字式万用表

任务一 感知、认知直流电路



实验研究一 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 1-1-3 所示。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？

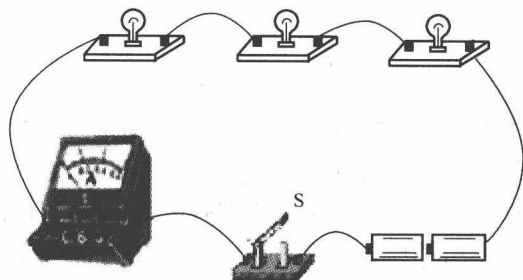


图 1-1-3 实际电路

知识链接一 电流的概念

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

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

式中 I ——电流，单位为安培（A）；

Δt ——规定时间，单位为秒（s）；

ΔQ ——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

$$1\text{A} = \frac{1\text{C}}{1\text{s}} \quad (1-1-2)$$

电流的常用单位有安培（A）、毫安（mA）与微安（ μA ），它们之间的换算关系为

$$1\text{A} = 1000\text{mA} \quad 1\text{mA} = 1000\mu\text{A}$$

知识链接二 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 1-1-3 所示的实际电路简化成图 1-1-4 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 1-1-1。

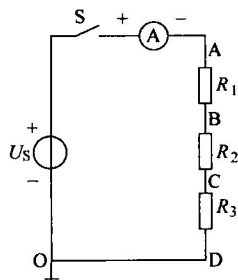









图 1-1-4 电路模型

表 1-1-1 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	EL	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 (Ω)，常用单位还有千欧 ($k\Omega$) 与兆欧 ($M\Omega$)，三者换算关系为
 $1M\Omega = 1000k\Omega$ $1k\Omega = 1000\Omega$

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。

表 1-1-1 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 1-1-3 所示电路和教室中的荧光灯电路，完成表 1-1-2。

表 1-1-2 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，完成指定的任务，如荧光灯把电能转换成光能，完成照明任务。用电器的种类很多，请同学们去分析研究它们的作用。

三、电路的状态

图 1-1-5 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。

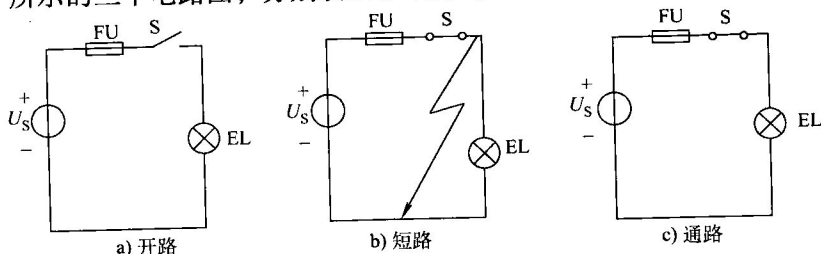


图 1-1-5 电路的工作状态

根据生活经验和现有的知识, 请同学们完成表 1-1-3。

表 1-1-3 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:

- 1) 如图 1-1-5a 所示, 电路处于开路状态时, 灯 EL 不亮, 因电路中没有电流。
- 2) 如图 1-1-5b 所示, 电路处于短路状态时, 灯 EL 不亮, 电路中电流会很大, 所以熔体会立即熔断。
- 3) 如图 1-1-5c 所示, 电路为正常的通路状态时, 灯 EL 得到额定电压、通过额定电流, 会正常发光。



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、用万用表测量物理量

1. 测量直流电流

- 1) 把转换开关拨到直流电流档, 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, 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 1-1-6 中:

当转换开关位于 “10mA” 档时, 指示值为 $3.5 \times 2\text{mA}$
= 7mA;

当转换开关位于 “50mA” 档时, 指示值为 $3.5 \times 10\text{mA}$
= 35mA;

当转换开关位于 “250mA” 档时, 指示值为 $3.5 \times 50\text{mA}$
= 175mA; 依此类推。

2. 测量直流电压

- 1) 把转换开关拨到直流电压档, 并选择合适的量程。当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, 最好使表针指在选在满刻度的 $\frac{2}{3}$ 处附近。

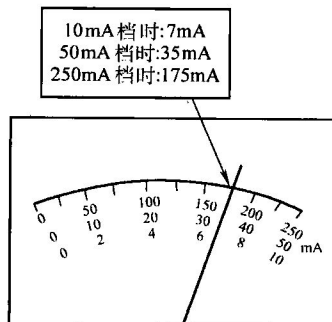


图 1-1-6 测直流电流时的
读数方法

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同电流表指示值的读数方法。在图 1-1-7 中:

当转换开关位于“10V”档时, 指示值为 7V;

当转换开关位于“50V”档时, 指示值为 35V;

当转换开关位于“250V”档时, 指示值为 175V; 依此类推。

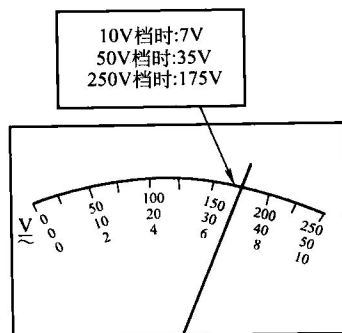


图 1-1-7 测直流电压时的读数方法

3. 测量交流电压

1) 把转换开关拨到交流电压档, 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, 但需要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档, 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”Ω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”Ω, 最左边为“∞”, 且为非线性刻度。测电阻时的读数方法是: 表针所指数值乘以量程档位。在图 1-1-8 中:

当转换开关位于“R×1”档时, 指示值为 $17.1 \times 1\Omega = 17.1\Omega$;

当转换开关位于“R×10”档时, 指示值为 $17.1 \times 10\Omega = 171\Omega$;

当转换开关位于“R×1k”档时, 指示值为 $17.1 \times 1k\Omega = 17.1k\Omega$; 依此类推。

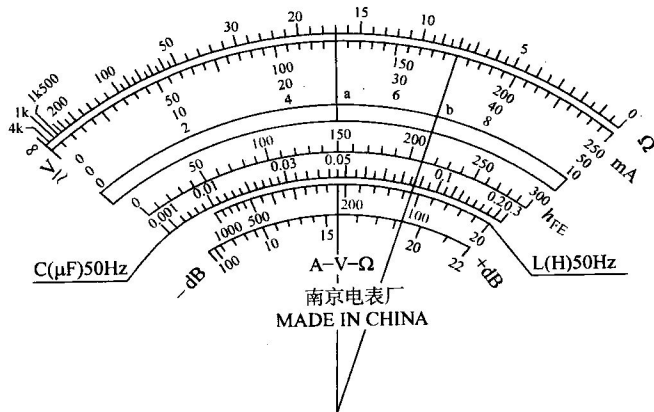


图 1-1-8 测电阻时的读数方法

三、测量值的读数

测量值的读数应为“准确读数+一位估读数”。如图 1-1-8 所示, 读数 17.1 中的 0.1 是

估读数, 17 是准确读数。需要注意的是, 估读数只能是最小刻度值后的一位, 不可能估读出 2 位, 即 17.1 不能读成 17.12, 因为 0.02 是无法估读出来的。如果指针正好落在刻度线上, 那么估读数为 0.0。为了减小读数误差, 读数时双眼应正视仪表表针。仪表的刻度盘犹如反射镜, 双眼正视指针时, 可以使镜中“虚像”与刻度盘指针重合, 这样因视觉引起的读数误差就会最小。估读数是欠准确的, 所以也称欠准确读数。

四、用万用表测量时的注意事项

用万用表测量电压或电流时的注意事项如下:

- 1) 测量时, 不能用手触摸表笔的金属部分, 以保证安全和测量的准确性。
- 2) 测直流量时要注意被测电量的极性, 避免表针反打而损坏表头。
- 3) 测量时, 不能带电转动转换开关, 避免转换开关的触头产生电弧而损坏。
- 4) 测量完毕后, 将转换开关置于交流电压最高档或 OFF 档。

测量电阻时的注意事项如下:

- 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) 每换一次倍率档, 要重新进行欧姆调零。
- 4) 不允许用万用表电阻档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档或 OFF 档。

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档或 OFF 档, 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 指示仪表的误差与准确度

在电工实验中, 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、仪表的误差及其分类

在电工实验中, 我们把测量值与实际值之间的差异叫做仪表误差。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。

3. 粗大误差

在一定的测量条件下, 测量数据明显偏离实际值所造成的测量误差称为粗大误差。粗大误差是由于测量者本身或测量条件变化造成的, 因此要养成良好的工作作风并设计良好的科学工作程序。具有粗大误差的数据应该予以剔除。

二、误差的表示方法

1. 绝对误差

测量值 A_x 与被测量的实际值 A_0 之差称为绝对误差, 用 Δ 表示, 即

$$\Delta = A_x - A_0 \quad (1-1-3)$$

2. 相对误差

测量不同大小的被测量时, 用绝对误差是无法比较两次测量的准确程度的。如测 100mV 的电压时绝对误差是 1mV, 测量 10mV 的电压时绝对误差也是 1mV, 虽然两次测量的绝对误差相同, 但让人感觉第一次测量结果更为准确, 因为第一次测量误差仅占测量结果的 1%, 而第二次占测量结果的 10%, 这就是相对误差的概念。

相对误差等于绝对误差与实际值的百分比, 即

$$\gamma = \frac{\Delta}{A_0} \times 100\% \quad (1-1-4)$$

【例 1-1-1】用电流表测量实际值为 50mA 的电流, 指示值为 50.5mA; 测量实际值为 10mA 的电流, 指示值为 9.7mA。求两次测量的绝对误差与相对误差。

解: 第一次测量时, 有

$$\Delta_1 = A_{x1} - A_{01} = 50.5\text{mA} - 50\text{mA} = 0.5\text{mA}$$

$$\gamma_1 = \frac{\Delta_1}{A_{01}} \times 100\% = \frac{0.5}{50} \times 100\% = 1\%$$

第二次测量时, 有

$$\Delta_2 = A_{x2} - A_{02} = 9.7\text{mA} - 10\text{mA} = -0.3\text{mA}$$

$$\gamma_2 = \frac{\Delta_2}{A_{02}} \times 100\% = \frac{-0.3}{10} \times 100\% = -3\%$$

根据以上计算可以发现: ① Δ_1 为正值, 说明测量值大于实际值; Δ_2 为负值, 说明测量值小于实际值。② $|\Delta_1| > |\Delta_2|$, 但 $|\gamma_1| < |\gamma_2|$, 说明第二次测量的误差对测量结果的影响较第一次要大。③绝对误差有单位, 而相对误差 γ 没有单位。

三、仪表的准确度等级

仪表的最大绝对误差 Δ_m 与仪表的满刻度值 (最大量程) A_m 比值的百分数, 称为仪表的准确度。仪表的准确度可分为 7 个等级, 用 K 表示, 其中

$$\pm K = \frac{\Delta_m}{A_m} \times 100 \quad (1-1-5)$$

$$\Delta_m = \pm KA_m / 100 \quad (1-1-6)$$

$$\gamma_m = \frac{\Delta_m}{A_n} \times 100\% \quad (1-1-7)$$

准确度等级与对应的基本误差见表 1-1-4。由表中数据可知,准确度等级越小,基本误差越小。0.1、0.2 级的仪表常用于科学试验与研究或校验准确度较低的仪表,0.5、1.0、1.5 级的仪表可用于实验室的实验,要求不高的场合可选用 2.5、5.0 级的仪表。 K 越小,仪表的价格越高,因此在实际应用中,应根据测量的具体要求选用仪表,不可盲目追求高准确度。在实验测量时,常不知被测量的实际值,这时可用准确度较高的仪表的测量值作为用准确度较低的仪表测量时的实际值。

表 1-1-4 仪表的准确度等级与其对应的基本误差

准确度等级	0.1	0.2	0.5	1.0	1.5	2.5	5.0
基本误差 (%)	± 0.1	± 0.2	± 0.5	± 1.0	± 1.5	± 2.5	± 5.0

【例 1-1-2】用量程为 100V、准确度为 0.5 和量程为 10V、准确度为 2.5 的两块电压表分别测量 9V 的电压。求两次测量时的最大绝对误差和最大相对误差。

解:用 0.5 级电压表测量时,有

$$\Delta_{m1} = A_{m1} \times (\pm K\%) = 100V \times (\pm 0.5\%) = \pm 0.5V$$

$$\gamma_{m1} = \frac{\Delta_{m1}}{A_x} \times 100\% = \frac{\pm 0.5}{9} \times 100\% \approx \pm 5.6\%$$

用 2.5 级电压表测量时,有

$$\Delta_{m2} = A_{m2} \times (\pm K\%) = 10V \times (\pm 2.5\%) = \pm 0.25V \approx \pm 0.3V$$

$$\gamma_{m2} = \frac{\Delta_{m2}}{A_x} \times 100\% = \frac{\pm 0.3}{9} \times 100\% \approx \pm 3.3\%$$

从计算值可以发现,测量值接近满刻度值时,相对误差较小,反之较大。



思考与分析

1) 根据例 1-1-2 说明仪表的准确度越高、测量的相对误差就越小。在选择仪表的量程时,测量值最好能使表针指在满刻度的 2/3 处,为什么?

2) 测量 11A 的电流时,相对误差在 $\pm 1.0\%$ 范围内,求最大绝对误差。若电流表满量程为 15A,则该表的准确度等级为多少?



实验研究二 电位与电压的测量

选择适当的直流电源、电流表、电阻和开关连接图 1-1-4 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 1-1-5 中。

表 1-1-5 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?



知识链接四 电位、电压、欧姆定律

一、电位

由表 1-1-5 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,这是什么原因呢?

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一个参考点,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 1-1-4 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 个电阻耗用电量,CO 之间只有 1 个电阻耗用电量,即 A、B、C、D 各点的电位能是依次下降的。

在电工学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,简称伏(V),辅助单位还有千伏(kV)、毫伏(mV),它们之间的换算关系为

$$1\text{kV} = 1000\text{V} \quad 1\text{V} = 1000\text{mV}$$

二、电压

在电路中,两点间的电位差就叫做这两点间的电压,单位与电位的单位相同。

由表 1-1-5 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、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

$$I = \frac{U}{R} \quad (1-1-8)$$

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(Ω)。



知识拓展二 电阻定律与电阻分类

一、电阻定律

电阻定律的内容可表述为:导体的电阻跟导体的长度成正比,与导体的横截面积成反比,还与导体的材料有关,即

$$R = \rho \frac{l}{S} \quad (1-1-9)$$

式中 R ——导体的电阻, 单位为欧姆 (Ω)。

l ——导体的长度, 单位为米 (m);

S ——导体的横截面积, 单位为平方米 (m^2);

ρ ——导体的电阻率, 单位为欧·米 ($\Omega \cdot m$)。不同材料的电阻率不同, 金属的电阻率较小, 绝缘体的电阻率很大, 半导体的电阻率居中。

电阻的大小还会受到环境温度的影响, 用电阻温度系数表示。通常金属导体的温度系数为正, 电阻随温度的增加而增大; 在半导体材料加入不同的物质, 其温度系数可为负, 也可为正。如用半导体材料制作的电冰箱温控电阻随温度的增加而减小, 电冰箱的启动电阻随温度的增加而增大。

二、电阻器的种类

电阻器是一种常用的电气元件, 常见电阻器及外形如图 1-1-9 所示。按电阻体材料、结构形状分成碳膜电阻器、金属膜电阻器、线绕电阻器和片状电阻器等多个种类。下面重点介绍一下应用最普遍的碳膜电阻器、金属膜电阻器和线绕电阻器的特点及电阻型号命名方法。

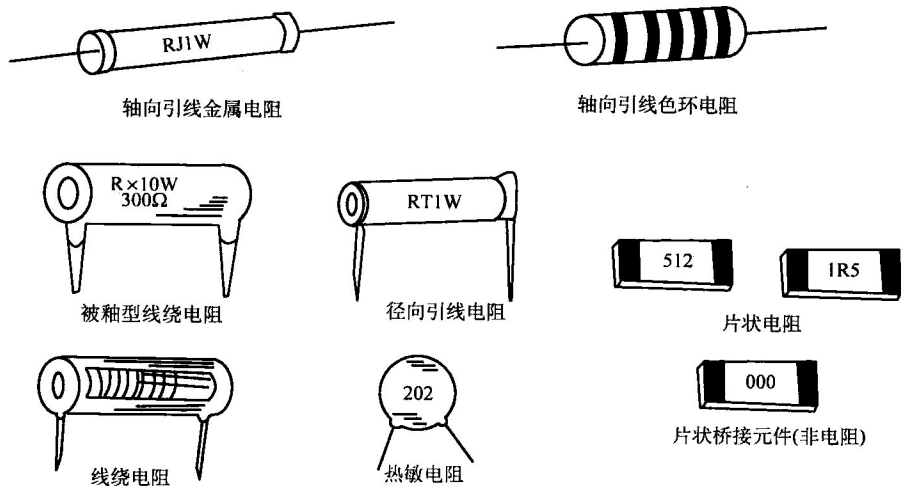


图 1-1-9 常见电阻器及外形

1. 碳膜电阻器

碳膜电阻器的外形和结构如图 1-1-10 所示。这种电阻器阻值大小一般用色环标示, 也有用数值标示的。它一般用结晶碳沉积在瓷棒或瓷管上制成, 改变碳膜的厚度或长度, 便可以得到不同的阻值。碳膜电阻器的主要特点是高频性能好、价格低, 应用非常广泛。

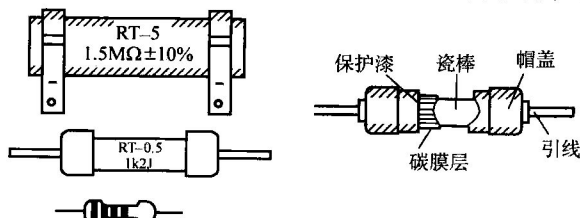


图 1-1-10 碳膜电阻器的外形和结构

2. 金属膜电阻器

常用金属膜电阻器的外形和结构如图 1-1-11 所示。金属膜电阻器的电阻膜是通过真空