

中等职业教育课程改革国家规划新教材配套教学用书



(电气电力类)

电工技术基础与技能 学习辅导与练习

主编 苏永昌



高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS

中等职业教育课程改革国家规划新教材配套教学用书

电工技术基础与技能学习 辅导与练习

DIANGONG JISHU JICHU YU JINENG
XUEXI FUDAO YU LIANXI

(电气电力类)

主编 苏永昌



高等教育出版社·北京
HIGHER EDUCATION PRESS BEIJING

内容简介

本书是中等职业教育课程改革国家规划新教材《电工技术基础与技能》(电气电力类)的配套教学用书,依据2009年教育部颁布的“中等职业学校电工电子技术与技能教学大纲”,同时参照相关的国家职业技能标准和行业职业技能鉴定规范,结合近几年中等职业教育的实际教学情况编写而成。

全书包括绪论、电路的基础知识、直流电路的基本定律和基本定理、电容和电感、磁场与电磁感应、互感、安全用电与节约用电、正弦交流电路的基本概念、单相正弦交流电路、三相正弦交流电路和瞬态过程。每章内容包括应知应会、知识与技能、典型例题解析、技能训练、自我评价和参考答案等。

本书配套助学光盘,光盘中包括单元学习、课外练习、动画素材、模拟及仿真实训等数字化教学资源。利用书后所附学习卡,按照书末最后一页“郑重声明”下方使用说明进行操作,登录高等教育出版社“<http://sve.hep.com.cn>”4A网络教学平台,可获得网上教学资源。

本书可作为中等职业学校电类专业基础课程教材,也可作为相关岗位培训用书。

图书在版编目(CIP)数据

电工技术基础与技能学习辅导与练习:电气电力类/苏永昌
主编. —北京:高等教育出版社,2010.7

ISBN 978 - 7 - 04 - 029497 - 2

I. ①电… II. ①苏… III. ①电工技术 - 专业学校 - 教学参考资料 IV. ①TM

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第121055号

策划编辑 李宇峰 责任编辑 李宇峰 封面设计 张楠 责任绘图 尹莉
版式设计 余杨 责任校对 王超 责任印制 陈伟光

出版发行 高等教育出版社
社址 北京市西城区德外大街4号
邮政编码 100120

购书热线 010 - 58581118
咨询电话 400 - 810 - 0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>

经 销 蓝色畅想图书发行有限公司
印 刷 北京七色印务有限公司

网上订购 <http://www.landaco.com>
<http://www.landaco.com.cn>
畅想教育 <http://www.widedu.com>

开 本 787 × 1092 1/16
印 张 8
字 数 190 000

版 次 2010年7月第1版
印 次 2010年7月第1次印刷
定 价 19.80元(含光盘)

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 29497-00

前 言

本书是中等职业教育课程改革国家规划新教材《电工技术基础与技能》(电气电力类)的配套教学辅助用书。全书式根据教育部新颁布的“电工技术基础与技能教学大纲”结合教材内容,按教材章节顺序对应编写。

全书包括绪论、电路的基础知识、直流电路的基本定律和基本定理、电容和电感、磁场与电磁感应、互感、安全用电与节约用电、正弦交流电路的基本概念、单相正弦交流电路、三相正弦交流电路和瞬态过程。每章内容包括应知应会、知识与技能、典型例题解析、技能训练、自我评价和参考答案等。

本书编写在与教材同步的基础上注重将教材重点内容的总结、归纳、梳理,强调重要基本概念、基本定理、基本定律;增加技能训练项目,强化技能训练;及时补充新技术、新产品的相关知识介绍;例举典型例题解析,题型循序渐进,由浅入深;重视自我评价,提供参考答案,有助学生自主学习。

本书由北京教育科学研究院苏永昌主编,绪论和第三、第四、第五、第六、第九、第十章由北京铁路电气化学校乔剑铎编写,第二、第三、第七、第八章由北京铁路电气化学校金玉萍编写。参加编写工作的还有北京电子信息职业学院石红梅老师、张爽老师、黑龙江省哈尔滨教育研究院王绍章老师、黑龙江省哈尔滨轻工业学校张晓宇老师。全书由苏永昌统稿。

本书附学习卡/防伪标,按照本书最后一页“郑重声明”下方使用说明进行操作,可登录高等教育出版社4A网络平台,上网学习,下载资源。

由于水平有限,书中定有错误和不妥之处,敬请批评指正,以便进一步完善本教材,读者意见反馈邮箱:zz_dzyj@pub.hep.cn。

编 者
2010年6月

郑重声明

高等教育出版社依法对本书享有专有出版权。任何未经许可的复制、销售行为均违反《中华人民共和国著作权法》，其行为人将承担相应的民事责任和行政责任，构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。为了维护市场秩序，保护读者的合法权益，避免读者误用盗版书造成不良后果，我社将配合行政执法部门和司法机关对违法犯罪的单位和个人给予严厉打击。社会各界人士如发现上述侵权行为，希望及时举报，本社将奖励举报有功人员。

反盗版举报电话：(010)58581897/58581896/58581879

反盗版举报传真：(010)82086060

E-mail：dd@hep.com.cn

通信地址：北京市西城区德外大街4号

高等教育出版社打击盗版办公室

邮编：100120

购书请拨打电话：(010)58581118

短信防伪说明：

本书采用出版物短信防伪系统，用户购书后刮开封底防伪密码涂层，将16位防伪密码发送短信至106695881280，免费查询所购图书真伪，同时您将有机会参加鼓励使用正版图书的抽奖活动，赢取各类奖项，详情请查询中国扫黄打非网(<http://www.shdf.gov.cn>)。

反盗版短信举报：编辑短信“JB,图书名称,出版社,购买地点”发送至10669588128

短信防伪客服电话：(010)58582300/58582301

学习卡账号使用说明：

本书所附防伪标兼有学习卡功能，登录“中等职业教育教学资源网(<http://sv.hep.com.cn>)”或“中等职业教育教学在线(<http://sve.hep.com.cn>)”，可了解中职教学动态、教材信息等；按如下方法注册后，可进行网上学习并下载教学资源：

(1) 在网站首页选择相关的专业课程网，点击后进入。

(2) 在专业课程网页面上“我的学习中心”中，使用个人邮箱注册账号，并完成注册验证。

注册成功后，邮箱地址即为登录账号。

学生：登录后点击“学生充值”，用本书封底上的防伪明码和密码进行充值，可获得一定时间的相应课程学习权限与积分，可上网学习、下载资源和提问等。

中职教师：通过收集10个防伪明码和密码，登录后点击“申请教师”→“升级成为中职课程教师”，填写相关信息，升级成为教师会员，可获得授课教案、教学演示文稿、教学素材等相关教学资源。

使用本学习卡账号如有任何问题，请发邮件至：“4a_admin_zz@pub.hep.cn”。

目 录

绪论	1
第一章 电路的基础知识	6
第二章 直流电路的基本定律和基本定理	24
第三章 电容与电感	44
第四章 磁场与电磁感应	51
第五章 互感	59
第六章 安全用电与节约用电	66
第七章 正弦交流电路的基础概念	73
第八章 单相正弦交流电路	85
第九章 三相正弦交流电路	105
第十章 瞬态过程	114

绪 论

一、应知应会

1. 理解

- (1) 单相交流电与三相交流电的含义；
- (2) 树立安全用电意识的必要性。

2. 了解

- (1) 实训室的电源配置；
- (2) 实训室的规章制度。

3. 知道

常用电工仪表和电工工具的用途。

4. 能

叙述常用电工仪表和电工工具的使用方法。

5. 会

处理实训过程中发生的异常情况。

二、知识与技能

(一) 知识要点

1. 电池

提供直流电压,如实训室常用电压为 1.5 V 的 R40 干电池。

2. 直流稳压电源

输出可调节的直流电压或直流电流。

3. 单相 220 V 交流电源

提供 220 V 正弦交流电压。

4. 三相 380 V 交流电源

提供三相 380 V 正弦交流电压。

5. 电流表

测量电路导线中的电流。

6. 电压表

测量电路中两点间的电压。

7. 万用表

可以测量直流电流、直流电压、直流电阻、交流电压,此外还具备其他辅助功能。

8. 功率表

测量交流或直流电路中的功率。

9. 兆欧表

测量电气线路和各种电气设备的绝缘电阻。

10. 接地电阻测试仪

测量接地体的接地电阻。

11. 直流单臂电桥

测量精密电阻的阻值。

12. 直流双臂电桥

测量 $1\ \Omega$ 以下的电阻阻值。

13. 电能表

计量电气设备的用电量。

14. 验电器

用于检验线路、电气设备是否带电。

15. 电工刀

用于剖削和切割电工器材。

16. 钢丝钳

又称克丝钳、老虎钳,钳口用于钳夹和弯绞导线;齿口用于松紧小型螺母;刀口用于剪切电线、起拔铁钉;铡口用于铡切钢丝等硬金属丝。

17. 斜口钳

又称断线钳,用于剪断较粗的金属丝、线材和电线电缆等。

18. 尖嘴钳

小刀口部分用于剪断细小的导线、金属丝等;尖嘴部分用于在狭小空间内操作,夹持螺钉、垫圈、导线和弯曲导线端头。

19. 剥线钳

用于剥削直径 $3\ \text{mm}$ 及以下绝缘导线的塑料或橡胶绝缘层。

20. 螺丝刀

旋具(专业术语),用来紧固或拆卸带槽螺钉的常用工具,有一字和十字两种。

21. 扳手

利用杠杆作用制成的用于螺纹连接的手动省力工具。

22. 手电钻

有普通电钻和冲击电钻两种,用于在混凝土和砖墙等建筑构件上钻孔。

23. 电烙铁

手动焊接工具,用于加热焊接部位,熔化焊料,使焊料和被焊接金属连接起来。

(二) 新技术、新产品

数字兆欧表由中大规模集成电路组成。输出功率大,短路电流值高,输出电压等级多(每种机型有 4 个电压等级)。数字兆欧表的工作原理为由机内电池电源经 AC/DC 变换产生的直流

电压施加到由 E 极和(经被测试品)和 L 极之间,从而产生一个从 E 到 L 极的电流,经过 I/U 变换再经除法器完成运算直接将被测的绝缘电阻值由 LCD 显示出来。

数字兆欧表是电力、邮电、通信、机电安装和维修以及利用电力作为工业动力或能源的工业企业部门常用而必不可少的仪表。它用于测量各种绝缘材料的电阻值及变压器、电机、电缆及电器设备等的绝缘电阻。数字兆欧表有以下特点:

输出功率大、带载能力强、抗干扰能力强。

数字兆欧表不需要人力做功,由电池供电,量程可自动转换。一目了然的面板操作和显示,使得测量十分方便和迅捷。

三、技能训练

(一) 单相交流电源插座的验电

1. 器材准备

低压验电器(试电笔),实训室单相交流电源。

2. 操作步骤

按正确握法使用低压验电器分别接触实训室单相交流电源的端子,判断出相线(火线)和中性线(零线)。

插座端子(左)	亮 <input type="checkbox"/>	不亮 <input type="checkbox"/>	判断为	相线 <input type="checkbox"/>	中性线 <input type="checkbox"/>
插座端子(右)	亮 <input type="checkbox"/>	不亮 <input type="checkbox"/>	判断为	相线 <input type="checkbox"/>	中性线 <input type="checkbox"/>

3. 注意事项

- (1) 正确使用验电器,手部不要触及底端金属部分,防止触电。
- (2) 操作时,应有人监护,方法不当应及时纠正。

(二) 万用表的使用

1. 器材准备

万用表,干电池,色环电阻,单相交流电源。

2. 操作步骤

- (1) 将万用表转换开关旋转至 2.5 V 直流电压挡,测量干电池的电压为_____。
- (2) 将万用表转换开关旋转至电阻挡,旋转适当的倍率,测量色环电阻阻值为_____。
- (3) 将万用表转换开关旋转至交流电压挡 250 V,测量实训台单相电源电压为_____。

3. 注意事项

- (1) 使用万用表时,必须把转换开关拨到相应的测量挡。
- (2) 测量交流 220 V 电压时要注意安全操作,不能用手触及表笔导电部分。
- (3) 测量电阻时换挡后需重新调零。
- (4) 使用完毕,需将转换开关放置交流电压最高挡或空挡位上。

四、自我评价

题号	(一)	(二)	(三)	(四)					总分
分值									

(一) 填空(每空 2 分,共 30 分)

1. 低压验电器又称_____,是检验导线、电器是否带电的一种常用工具。低压验电器可以用来区分相线和中性线,氖泡发亮的是_____,不亮的是_____。
2. 使用电工刀时,刀口应向_____推出,既不易削伤线芯,又防止操作者受伤。
3. 斜口钳又称_____,其头部扁斜,专用来剪断较粗的金属丝、线材及电线电缆等。
4. 螺丝刀是用来紧固或拆卸带槽螺钉的常用工具,有_____和_____形两种。
5. 用来测量电流的仪表称为_____,用来测量电压的仪表称为_____,而万用表可以用来测量_____,_____、_____和_____四种基本物理量。
6. 用来加热焊接部位,融化焊料,使焊料和被焊金属连接起来的常用电工工具是_____。
7. 用钢丝钳_____同时剪切相线和中性线或两根相线,以免造成短路事故。

(二) 判断(每题 3 分,共 30 分)

1. 测量电压时,需将电压表与被测支路并联连接。 ()
2. 兆欧表可以用来测量几十千欧大小的电阻。 ()
3. 电流表的内阻越小越好。 ()
4. 电压表的内阻越大越好。 ()
5. 可以使用钢丝钳同时剪切相线和中性线。 ()
6. 凡是进入实训室的人员必须遵守相应的规章制度。 ()
7. 可以使用实训室的电源给手机充电。 ()
8. 电工刀手柄有绝缘保护,可用于带电作业。 ()
9. 接地电阻测试仪是用来测量电气设备绝缘电阻的仪表。 ()
10. 检查线路无误即可通电,无需请指导教师检查线路。 ()

(三) 选择(每题 3 分,共 30 分)

1. 下列各种仪表不能用来测量电压的是()。
 - A. 万用表
 - B. 电压表
 - C. 接地电阻测试仪
2. 下列哪种仪表不能用来测量电阻?()
 - A. 功率表
 - B. 万用表
 - C. 直流单臂电桥
 - D. 兆欧表
3. 下列不属于低压验电器用途的是()。
 - A. 区分中性线和相线
 - B. 判断设备是否带电
 - C. 判断电压高低
 - D. 测量电流

4. 使用电工刀时,刀口应向()方向推出。
A. 内 B. 外 C. 上 D. 下
5. 不符合实训室规章的是()。
A. 随地吐痰 B. 离开实训室时应打扫工作场地
C. 在实训室也要做到节约用电、安全用电 D. 接通电源之前需请指导教师检查线路
6. 下列行为不正确的是()。
A. 实训完毕经教师检查数据正确和设备完好后方可拆线
B. 电压很低时,可以带电接线、拆线
C. 实训时发现异常情况应立即断开电源
D. 遵守“先接线后合电源,先断电源后拆线”的操作程序
7. 验电器可以当作螺丝刀使用,这种说法()。
A. 正确 B. 不正确
8. 测量电流时,电流表应和被测支路()使用。
A. 串联 B. 并联 C. 串联并联都可以
9. 常用于剥削绝缘导线的绝缘层的工具()。
A. 钢丝钳 B. 剥线钳 C. 斜口钳 D. 尖嘴钳
10. 用来计量家庭电能消耗的仪表为()。
A. 电能表 B. 功率表 C. 电压表 D. 兆欧表

(四) 实践(共 10 分)

请列出自己家所拥有的常用电工工具和电工仪表名称。

参 考 答 案

(一) 填空

1. 试电笔,相线,中性线
2. 外
3. 断线钳
4. 一字,十字
5. 电流表,电压表,直流电压挡,直流电流挡,直流电阻挡,交流电压挡
6. 电烙铁
7. 不能

(二) 判断

题号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
答案	√	×	√	√	×	√	×	×	×	×

(三) 选择

1. C 2. A 3. D 4. B 5. A 6. B 7. B 8. A 9. B 10. A

(四) 实践(略)

第一章 电路的基础知识

一、应知应会

1. 理解

- (1) 电路的基本组成中各部分的作用；
- (2) 电路模型的概念；
- (3) 电流、电压、电动势、电位的定义式、单位和实际方向；
- (4) 电流、电压的参考方向；
- (5) 电能和电功率的概念；
- (6) 电阻的含义和电阻定律；
- (7) 电阻串联、并联的概念；
- (8) 串联电阻的分压作用和并联电阻的分流作用；
- (9) 部分电路欧姆定律和全电路欧姆定律；
- (10) 功率平衡的概念。

2. 了解

- (1) 电路的概念和电路的基本组成；
- (2) 电阻和环境温度的关系,新型电阻及其应用；
- (3) 超导现象及其应用；
- (4) 电阻串联、并联电路的特点；
- (5) 串联电阻的分压作用和并联电阻的分流作用在实际中的应用；
- (6) 线性电阻与非线性电阻的概念；

3. 掌握

- (1) 电能、电功率的单位和计算式；
- (2) 电阻的单位及换算关系；
- (3) 欧姆定律的数学表达式；
- (4) 直流稳压电源、直流电压表、电流表和万用表调试和使用方法。
- (5) 兆欧表、直流单臂电桥和直流双臂电桥的使用方法。

4. 知道

- (1) 电流的形成过程；
- (2) 电路的三种状态；
- (3) 直流稳压电源、直流电压表、电流表和万用表的用途；
- (4) 兆欧表、直流单臂电桥和直流双臂电桥的用途。

5. 能

- (1) 识别和画出电路图中常用元件的图形符号;
- (2) 画出简单电路的电路图;
- (3) 进行电流、电压、电动势、电位的简单计算。

6. 会

- (1) 根据计算结果确定电流、电压的实际方向;
- (2) 计算常温下导体的电阻;
- (3) 分析计算简单电路;
- (4) 应用欧姆定律解决实际电路中的问题;
- (5) 使用直流稳压电源、直流电压表、电流表和万用表;
- (6) 使用兆欧表、直流单臂电桥和直流双臂电桥。

二、知识与技能

(一) 知识要点

1. 重要概念

(1) 电路及其基本组成

电路是电流流通的闭合路径。电路基本上是由电源、负载、连接导线、控制和保护装置四部分组成。其中电源是电路中提供电能的设备或装置;负载是消耗电能的设备或装置;导线用来连接各个电气器件;控制和保护装置是对电路起控制和保护作用。

(2) 电路模型

是指将实际电路元件用统一规定的图形符号来表示,并用理想导线连接起来的图形,而理想导线是指电阻为零的导线。

借助于电路模型,可以简化电路的分析和计算。

(3) 电路的三种状态

通路、断路(或开路)和短路。

(4) 电流 I

① 定义:电荷的定向移动形成电流。

② 大小:对于直流电流,在同一时间 t 通过导体横截面的电荷量 Q 都相等,即 $I = Q/t$ 。

式中,若电荷量 Q 的单位是 C(库);时间 t 的单位是 s(秒),则电流的单位是 A(安)。

工程上还用 kA(千安)、mA(毫安)和 μA (微安)表示电流的单位,它们的换算关系是

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

③ 实际方向:规定正电荷的移动方向为电流的实际方向。在电路图中用虚线箭头表示,如图 1.1 所示。

④ 参考方向:电路图中,事先假定的电流方向。其表示方法:

➤ 用实线箭头表示,如图 1.1 所示。

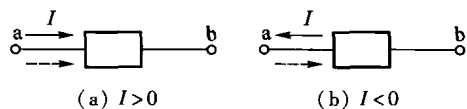


图 1.1 电流的方向

► 用双下标表示,如 I_{ab} ,表示电流的参考方向是由 a 到 b,而 I_{ba} 表示电流的参考方向是由 b 到 a,二者的关系为: $I_{ab} = -I_{ba}$ 。

⑤ 电路图中标明的电流方向通常指参考方向。规定:当电流的实际方向与参考方向一致时,其值为正;若实际方向与参考方向相反,则电流值为负。如图 1.1 所示。

(5) 电压 U

① 定义式:电压又称电位差,它是衡量电场力做功本领的物理量。在直流电路中,电压 U_{ab} 在数值上等于电场力把单位正电荷 q 由 a 点移动到 b 点所做的功 W_{ab} ,即

$$U_{ab} = \frac{W_{ab}}{q}$$

式中,若电场力所做功 W_{ab} 的单位为 J(焦);电荷量的单位为 C(库);则电压的单位为 V(伏)。

工程上,电压的常用单位还有 kV(千伏)、mV(毫伏)和 μV (微伏),它们的换算关系是

$$1 \text{ kV} = 10^3 \text{ V} \quad 1 \text{ mV} = 10^{-3} \text{ V} \quad 1 \mu\text{V} = 10^{-6} \text{ V}$$

② 实际方向。规定:电压的实际方向为电场力移动正电荷做功的方向。在电路图中用虚线箭头表示,如图 1.2 所示。

③ 参考方向:电路图中,事先假定的电压方向。表示方法如图 1.2 表示。

► 用“+”、“-”号表示,“+”称为参考正极,“-”称为参考负极,电压的参考方向为从“+”极指向“-”极。

► 用实线箭头表示。

► 用双下标表示,如 U_{ab} 表示电压的参考方向从 a 指向 b;而 U_{ba} 则表示参考方向从 b 指向 a,二者的关系为 $U_{ab} = -U_{ba}$ 。

④ 电压值的正、负也是相对于参考方向而言的。规定:电压为正值,说明电压的实际方向与参考方向一致;电压为负值,说明电压的实际方向和参考方向相反,如图 1.2 所示。

⑤ 对于任一二端元件或一段电路,如果选择其两端的电压和电流的参考方向一致,就称为关联参考方向,简称关联方向;否则为非关联参考方向,简称非关联方向。如图 1.3 所示。

(6) 电位 V

① 定义式:电路中某点 a 的电位 V_a ,等于电场力把单位正电荷由 a 点移动到参考点(零电位点) o 时所做的功 W_{ao} ,即

$$V_a = \frac{W_{ao}}{q}$$

电位的单位与电压相同,也是 V(伏)。

② 电位与电压的关系:电路中任意两点之间的电压就等于这两点的电位差,即

$$U_{ab} = V_a - V_b$$

式中,若 $V_a > V_b$,表明 a 点电位高于 b 点电位;若 $V_a < V_b$,表明 a 点电位低于 b 点电位;若 $V_a = V_b$,表明 a 点电位等于 b 点电位。

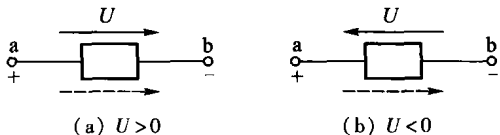


图 1.2 电压的方向

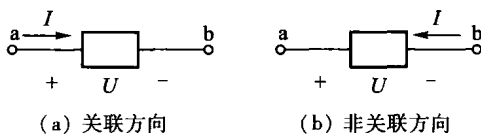


图 1.3 电流、电压的参考方向

③ 几点说明:

▶ 电路中任一点的电位就等于该点到参考点的电压值。

▶ 同一电路,当参考点选择不同时,电路中各点的电位会发生变化,而任意两点间的电压不变。

▶ 参考点是可以任意选定的,但一个电路只能选择一个参考点。

(7) 电动势 E

① 定义式:在电源内部,非电场力将单位正电荷由负极搬到正极所做的功定义为电源的电动势,即

$$E = \frac{W_{\text{非}}}{q}$$

式中, $W_{\text{非}}$ 表示非电场力移动正电荷所做的功,单位为 J; q 表示电荷,单位为 C; E 表示电源的电动势,单位为 V。

② 实际方向:由电源的负极指向正极,即电位升高的方向。

③ 电动势与电压的不同点:

电动势存在于电源内部,是衡量电源内部非电场力做功本领的物理量;电压存在于电源的内、外部,是衡量电场力做功本领的物理量。电动势的实际方向是从负极指向正极,电压的实际方向是从正极指向负极。

(8) 电阻 R

① 定义:导体对电流的阻碍作用称为电阻。

② 单位:电阻的单位为 Ω (欧)。工程上还常用 $\text{k}\Omega$ (千欧)、 $\text{M}\Omega$ (兆欧)作为电阻的单位,它们的换算关系为

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

③ 电阻率:电阻率是反映不同材料对电流阻碍程度的物理量。规定截面积为 1 m^2 ,长度为 1 m 的导体,在 $20 \text{ }^\circ\text{C}$ 时的电阻为该材料的电阻率,用 ρ 表示,单位为 $\Omega \cdot \text{m}$ (欧米)。

(9) 电能 W

① 定义式:在电场力作用下,电荷定向移动形成的电流所做的功称为电能,即

$$W = UIt$$

式中,若电压的单位为 V,电流的单位为 A,时间的单位为 s,则电能的单位为 J(焦)。工程上,还常用 $\text{kW} \cdot \text{h}$ (千瓦时,日常生活中俗称度)作为计量电能的单位。

$$1 \text{ kW} \cdot \text{h} = 3.6 \times 10^6 \text{ J} = (1 \text{ 度电})$$

② 电阻消耗的电能: $W = UIt = I^2 Rt = \frac{U^2}{R} t$

(10) 电功率 P

① 定义式:电功率是衡量电路中电流做功快慢的物理量,即单位时间内电流所做的功称为电功率,简称功率。定义式为

$$P = \frac{W}{t}$$

式中,当电能 W 为 1 J (焦),通电时间 t 为 1 s (秒)时,电功率的单位就是 1 W (瓦)。

常用单位除了 W(瓦)以外,还有 kW(千瓦)和 mW(毫瓦),它们之间的关系为:

$$1 \text{ kW} = 10^3 \text{ W} \quad 1 \text{ mW} = 10^{-3} \text{ W}$$

② 计算式:当电压、电流为关联方向时, $P = UI$ 。若 $P > 0$,则电路或元件吸收(消耗)功率;若 $P < 0$,则产生功率。

当电压、电流为非关联方向时, $P = -UI$ 。若 $P > 0$,则电路或元件吸收(消耗)功率;若 $P < 0$,则产生功率。

③ 电阻消耗的功率: $P = UI = I^2 R = \frac{U^2}{R}$

(11) 电阻的串联

将两个或两个以上电阻的首、末端依次相连,并且这些电阻通过同一电流,则这种连接方式称为电阻的串联。

(12) 电阻的并联

将两个或两个以上电阻的首端与首端相连,末端与末端相连,并且各电阻两端电压相同,这种连接方式称为电阻的并联。

2. 基本规律与基本定律

(1) 电阻串联电路的特点(以三个电阻 R_1 、 R_2 、 R_3 串联为例)

① 串联电路中电流处处相等,就等于总电流,即

$$I_1 = I_2 = I_3 = I$$

② 电路的总电压等于各个电阻上的电压之和,即

$$U = U_1 + U_2 + U_3$$

③ 电路的总电阻等于相互串联的各个电阻的阻值之和,即

$$R = R_1 + R_2 + R_3$$

当 n 个阻值均为 R_0 的电阻串联时,等效电阻为

$$R = nR_0$$

可见,串联电阻越多,等效电阻越大。

④ 串联电阻具有分压作用,每个电阻分得的电压与其自身的阻值成正比,即

$$U_1 = \frac{R_1}{R_1 + R_2 + R_3} U$$

$$U_2 = \frac{R_2}{R_1 + R_2 + R_3} U$$

$$U_3 = \frac{R_3}{R_1 + R_2 + R_3} U$$

⑤ 串联电路中的功率分配关系:各电阻消耗的功率与各电阻阻值成正比,即

$$P_1 : P_2 : P_3 = R_1 : R_2 : R_3$$

(2) 电阻并联电路的特点(以三个电阻 R_1 、 R_2 、 R_3 并联为例)

① 电路中各个电阻两端的电压相等,等于并联电路的总电压,即

$$U_1 = U_2 = U_3 = U$$

② 电路中的总电流等于各电阻上的电流之和,即

$$I = I_1 + I_2 + I_3$$

③ 电路中总电阻的倒数等于相互并联的各个电阻的倒数之和,即

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

当电路中仅有两个电阻 R_1 、 R_2 并联时,总电阻为

$$R = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

当 n 个阻值均为 R_0 的电阻并联时,总电阻为

$$R = \frac{R_0}{n}$$

可见,并联电阻越多,等效电阻越小。

④ 并联电阻具有分流作用,每个电阻分得的电流与其自身的阻值成反比,即阻值小的电阻分配的电流大,阻值大的电阻分配的电流小,即

$$I_1 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} I$$

$$I_2 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} I$$

⑤ 并联电路中的功率分配关系:因为并联电路中各电阻两端电压相等,所以各电阻消耗的功率与各电阻阻值成反比,即

$$P_1 : P_2 : P_3 = \frac{1}{R_1} : \frac{1}{R_2} : \frac{1}{R_3}$$

(3) 电阻定律

在温度不变(20℃)的情况下,同一种材料的电阻阻值 R 与导体的长度 L 成正比,与导体的横截面积 A 成反比。用公式表示为

$$R = \rho \frac{L}{A}$$

(4) 欧姆定律

① 部分电路欧姆定律,数学表达式:

$$I = \frac{U}{R} \text{ 或 } U = RI \text{ (} U、I \text{ 为关联方向;若为非关联,应加负号)}$$

② 全电路欧姆定律,数学表达式:

$$I = \frac{E}{R + R_0} \quad \text{路端电压: } U = E - R_0 I$$

(二) 技能要领

1. 万用表使用注意事项

(1) 正确选择被测量对象及其量限的挡位

万用表的测量对象多、量限多,使用时一定要注意调准转换开关的测量挡位,否则可能损坏仪表。如果不知道被测量是交流还是直流,可先用交流挡试测。如果不知道被测电压和电流的