

高等职业教育电子技术技能培养规划教材
Gaodeng Zhiye Jiaoyu Dianzi Jishu Jineng Peiyang Guihua Jiaocai

电工 技术基础

(第2版)

曾令琴 主编 胡修池 副主编



Electrical technology foundation
(2nd Edition)

理论联系实际

培养基本技能

提供优质素材



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

Electrical technology foundation (2nd Edition)

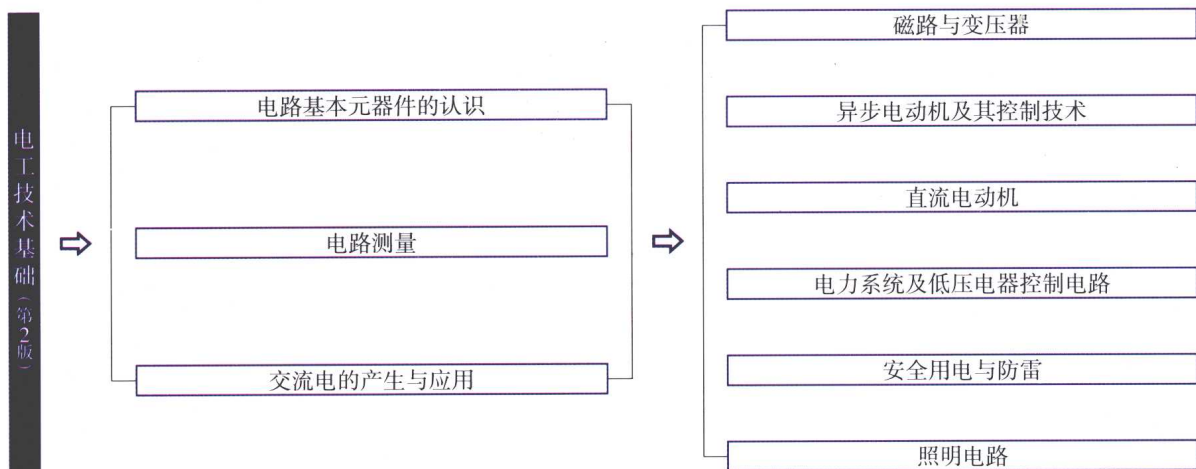
电工 技术基础 (第2版)

本书以技能培养为主线, 内容实用, 通俗易懂。

本书共分为9个单元: 第1单元~第3单元介绍交直流电路理论与实践以及电工测量的基本知识, 第4单元~第9单元介绍磁路与变压器、异步电动机及其控制技术、直流电动机、电力系统及低压电器控制电路、安全用电与防雷以及照明电路。

本次修订基本上保持原版的体系结构, 只对少部分内容进行调整和修改, 从而更加符合高职高专技能型人才培养的特点, 更加适应多数学校规定的教学学时数, 便于教和学。

本教材的结构框图



免费提供

PPT等教学相关资料



人民邮电出版社
教学服务与资源网
www.ptpedu.com.cn

教材服务热线: 010-67170985

人民邮电出版社教学服务与资源网: www.ptpedu.com.cn



ISBN 978-7-115-22427-9



9 787115 224279 >

ISBN 978-7-115-22427-9

定价: 27.00 元

封面设计: 董志桢

人民邮电出版社网址: www.ptpress.com.cn

高等职业教育电子技术技能培养规划教材
Gaodeng Zhiye Jiaoyu Dianzi Jishu Jineng Peiyang Guihua Jiaocai

电工 技术基础

(第2版)

曾令琴 主编 胡修池 副主编



Electrical technology foundation
(2nd Edition)

人民邮电出版社
北京

图书在版编目 (C I P) 数据

电工技术基础 / 曾令琴主编. — 北京: 人民邮电出版社, 2010.10

高等职业教育电子技术技能培养规划教材
ISBN 978-7-115-22427-9

I. ①电… II. ①曾… III. ①电工技术—高等学校: 技术学校—教材 IV. ①TM

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第047247号

内 容 提 要

本书以技能培养为主线, 内容实用, 通俗易懂。

本书共分为9个单元, 第1单元~第3单元介绍交直流电路理论与实践以及电工测量基本知识, 第4单元~第9单元介绍磁路与变压器、异步电动机及其控制技术、直流电动机、电力系统及低压电器控制电路、安全用电与防雷以及照明电路。

本书可作为高职高专院校相关专业的教材, 也可供相关工程技术人员学习或作为电工技术爱好者的参考用书。

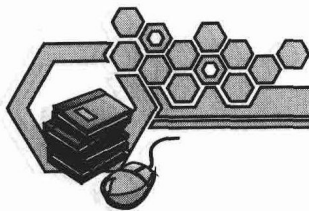
高等职业教育电子技术技能培养规划教材 电工技术基础 (第2版)

-
- ◆ 主 编 曾令琴
副 主 编 胡修池
责任编辑 赵慧君
 - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街14号
邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
北京艺辉印刷有限公司印刷
 - ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 13.5 2010年10月第2版
字数: 344千字 2010年10月北京第1次印刷

ISBN 978-7-115-22427-9

定价: 27.00 元

读者服务热线: (010)67170985 印装质量热线: (010)67129223
反盗版热线: (010)67171154



前言

《电工技术基础》(第1版)自2006年出版以来,得到了广大师生的普遍欢迎。为了更好地适应高职高专教育形势及发展的需要,编者在第1版的基础上,根据多年教学实践和经验总结,并听取了使用本教材的同行提出的宝贵意见和建议,现对第1版进行修订。

本次修订基本上保持原版的体系和特点,只对少部分内容进行调整和修改,使第2版内容更加符合高职高专技能型人才培养特点,内容编排上更加适应多数学校规定的教学时数,便于教和学。具体修订包括以下几方面。

一、在体系上由章节改为单元,目的是为了更好地体现理论与实践紧密结合的高职教育特点。

二、第1单元重点介绍了实用中的电阻、电感、电容、电源等常用电路元器件的识别、选用、应用和检测,更加突出实用性。

三、把第1版中的电工测量章节内容融合到电路分析基础章节中作为第2单元,讲到电流及电流定律时,介绍电流的测量,讲到电位、电压及电压定律时,介绍电压、电位的测量,讲到电能和电功率时,介绍电能和电功率的测量方法,以加强电路应用中实际测量技能的训练和掌握,使得“学以致用”得到充分的体现。

四、本书重点体现的教学内容及组织体系,凝聚了作者多年来进行教学研究和教学改革的经验 and 体会,理论和实践内容各有侧重又互相联系,使能力的培养贯穿于整个教学过程,可操作性和实用性很强。

五、本书的每一单元都精心编排了体现教学主要知识点的问题与思考题,以及技能训练要求及题库式检测题,注意到了理论教学素材和实践教学素材的分工与互补,形成理论与技能训练相结合的教材模式。

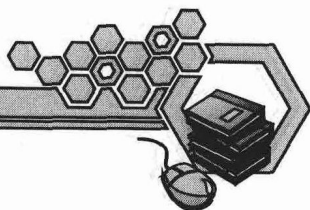
本书由黄河水利职业技术学院曾令琴任主编并负责全书统稿,黄河水利职业技术学院胡修池任副主编,李小雄、范文军参与修订。具体章节修订分工为:曾令琴编写第1单元、第2单元、第3单元,胡修池编写第4单元和第5单元,李小雄编写第6单元和第7单元,范文军编写第8单元和第9单元。

本书作为教学改革的成果,在结构模式和内容取舍上具有一定的探索性,也会出现一些不妥和错漏之处,敬请广大读者批评指正。

编者

2010年2月

目 录



第 1 单元 电路基本元器件的认识.....1

1.1 电阻的识别、应用与测量1

1.1.1 电阻概述.....1

1.1.2 电阻的分类.....3

1.1.3 电阻标称值的识别方法.....4

1.1.4 电阻的应用.....6

1.1.5 电阻的选用.....8

1.1.6 电阻的测量.....9

1.2 电感的识别、应用与测量12

1.2.1 电感概述.....12

1.2.2 电感的分类.....14

1.2.3 电感标称值的标志方法.....16

1.2.4 电感的技术参数.....16

1.2.5 电感的使用.....16

1.2.6 电感的检测.....17

1.3 电容的识别、应用与测量17

1.3.1 电容概述.....17

1.3.2 电容的分类.....18

1.3.3 电容标称值的识别方法.....21

1.3.4 电容的技术参数.....21

1.3.5 电容的选用.....22

1.3.6 电容的检测.....22

1.4 电路模型和理想电路元件23

1.4.1 电路模型.....23

1.4.2 理想电路元件.....24

1.5 认识直流电源25

1.5.1 实际电源与电源模型.....25

1.5.2 电源模型之间的等效互换.....26

1.5.3 直流电源的串、并联.....27

1.5.4 双路直流稳压电源.....27

技能训练29

检测题 30

第 2 单元 电路测量 33

2.1 电流及其测量 33

2.1.1 电流 33

2.1.2 电流的测量..... 34

2.1.3 基尔霍夫电流定律..... 34

2.2 电位及其测量 36

2.2.1 电位 36

2.2.2 电位的计算..... 37

2.2.3 电位的测量..... 37

2.3 电压及其测量 38

2.3.1 电压 38

2.3.2 电压的测量..... 38

2.3.3 基尔霍夫电压定律..... 38

2.4 电能及其测量 40

2.4.1 电能 40

2.4.2 电度表..... 41

2.4.3 电能的测量..... 42

2.5 功率及其测量 42

2.5.1 功率 42

2.5.2 负载获得最大功率的条件..... 43

2.5.3 功率的测量..... 43

2.6 电气设备的额定值及电路的 工作状态 45

2.6.1 电气设备的额定值..... 45

2.6.2 电路的三种工作状态 46

技能训练 48

检测题 50

第 3 单元 交流电的产生与应用 53

3.1 电能的产生 53



3.1.1 交流电的产生.....	53	4.3.4 仪用互感器.....	108
3.1.2 正弦交流电的三要素.....	55	技能训练.....	109
3.2 正弦交流电的相量表示法.....	59	检测题.....	112
3.3 单一参数的正弦交流电路.....	61	第 5 单元 异步电动机及其控制技术	114
3.3.1 电阻元件.....	61	5.1 电动机概述.....	114
3.3.2 电感元件.....	64	5.1.1 电动机的发展概况.....	114
3.3.3 电容元件.....	66	5.1.2 电动机的分类.....	115
3.4 典型单相用电器——日光灯.....	69	5.1.3 电动机的发展趋势.....	116
3.4.1 日光灯电路的组成.....	69	5.2 三相异步电动机的结构和 工作原理.....	116
3.4.2 日光灯电路的工作原理.....	71	5.2.1 三相异步电动机的结构与 组成.....	116
3.4.3 日光灯的优缺点及使用 注意事项.....	72	5.2.2 三相异步电动机的工作 原理.....	118
3.4.4 日光灯电路及其分析计算.....	73	5.2.3 三相异步电动机的铭牌数据.....	120
3.5 三相负载电路的分析.....	81	5.2.4 单相异步电动机简介.....	122
3.5.1 三相电源的连接.....	81	5.3 异步电动机的电磁转矩与 机械转矩.....	125
3.5.2 三相负载的连接.....	83	5.3.1 异步电动机的电磁转矩.....	125
3.5.3 三相负载电路的功率.....	87	5.3.2 异步电动机的机械特性.....	126
技能训练.....	89	5.4 三相异步电动机的 控制技术.....	127
检测题 1.....	91	5.4.1 三相异步电动机的 起动控制.....	127
检测题 2.....	93	5.4.2 三相异步电动机的 调速控制.....	130
第 4 单元 磁路与变压器	96	5.4.3 三相异步电动机的 反转控制.....	131
4.1 铁芯线圈、磁路.....	96	5.4.4 三相异步电动机的 制动控制.....	131
4.1.1 磁路的基本物理量.....	96	5.5 三相异步电动机的选择.....	132
4.1.2 磁路欧姆定律.....	97	5.5.1 种类选择.....	132
4.1.3 铁磁物质的磁性能.....	98	5.5.2 功率选择.....	133
4.1.4 铁磁材料的分类和用途.....	100	5.5.3 结构选择.....	133
4.1.5 铁芯损耗.....	100	5.5.4 转速选择.....	133
4.1.6 主磁通原理.....	101	技能训练.....	133
4.2 变压器的基本结构和 工作原理.....	102	检测题.....	136
4.2.1 变压器的基本结构.....	102		
4.2.2 变压器的工作原理.....	103		
4.2.3 变压器的外特性及 性能指标.....	105		
4.3 实用中的常见变压器.....	106		
4.3.1 电力变压器.....	106		
4.3.2 自耦变压器.....	107		
4.3.3 电焊变压器.....	107		

**第6单元 直流电动机** 139**6.1 直流电动机的结构原理** 139

6.1.1 直流电动机的结构组成 139

6.1.2 直流电动机的铭牌数据 141

6.2 直流电动机的工作原理 143

6.2.1 直流电动机的转动原理 143

6.2.2 直流电动机的励磁方式 144

6.3 直流电动机特性分析 145

6.3.1 直流电动机的运行特性 145

6.3.2 直流电动机的机械特性 146

6.4 直流电动机的控制技术 147

6.4.1 直流电动机的起动控制 147

6.4.2 直流电动机的反转控制 148

6.4.3 直流电动机的调速控制 148

6.4.4 直流电动机的制动控制 150

6.4.5 直流电动机的常见

故障处理 152

技能训练 153**检测题** 157**第7单元 电力系统及低压电器****控制电路** 160**7.1 发、配电概述** 160

7.1.1 电力工业发展概况及前景 160

7.1.2 电力系统的基本概念 161

7.1.3 对电力系统供电的要求 162

7.1.4 电力主接线及运行方式 162

7.2 电气设备 165

7.2.1 常见高压电气设备 165

7.2.2 低压开关电器 167

7.2.3 低压熔断器 168

7.2.4 交流接触器 169

7.2.5 热继电器 170

7.2.6 时间继电器 170

7.2.7 主令电器 171

7.3 低压电气基本控制电路 173

7.3.1 点动控制电路 173

7.3.2 电动机单向连续运转

控制电路 173

7.3.3 电动机的正、反转

控制电路 174

7.3.4 工作台自动往返控制电路 174

7.3.5 多地控制电路 175

技能训练 176**检测题** 180**第8单元 安全用电与防雷** 183**8.1 家庭安全用电** 183

8.1.1 安全用电基本知识 183

8.1.2 触电形式及其急救方法 184

8.1.3 家庭安全用电常识 186

8.2 保护接地和保护接零 187

8.2.1 工作接地 187

8.2.2 保护接地 188

8.2.3 保护接零 188

8.2.4 重复接地的作用 189

8.2.5 漏电保护 190

8.2.6 直接电击和间接电击的

防护措施 191

8.3 防雷保护 191

8.3.1 雷电的形成及雷击形式 191

8.3.2 防雷的重要意义 192

8.3.3 防雷措施 193

检测题 194**第9单元 照明电路** 197**9.1 电气照明和电光源** 197

9.1.1 电气照明发展概况 197

9.1.2 照明技术的有关概念 199

9.1.3 工厂常用的照明电光源 200

9.1.4 家庭常用的照明灯具 203

9.2 工厂照明简介 204

9.2.1 工厂照明概述 204

9.2.2 工厂照明注意事项 205

9.2.3 工厂照明常用灯具 205

9.2.4 照明电路对环境的影响 206

检测题 207**参考文献** 209

第1单元

电路基本元器件的认识

电路图是电工技术的语言，看不懂电路图也就无法深入地学习和掌握电工技术。电路图通常由电路基本元器件构成，若要看懂电路图，首先必须认识电路基本元器件。通过认识电子元器件，可使学生进一步熟悉电工技术中各种实用电路的构成原理及功能，更好地在实际电路中熟悉和掌握电路理论，提高实际应用能力。

1.1 电阻的识别、应用与测量

1.1.1 电阻概述

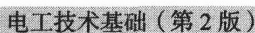
电阻是电工技术、电子技术中用得最多的元器件之一，在电路中主要起限流和分压作用。

从物理学的角度看，导体对电流所呈现的阻碍作用称为电阻。

不同材料的物质载体通过相同电流时呈现的阻力差异很大，如云母、塑料等对电流呈现的电阻极大，导电性能几乎为零，这类物质称为绝缘体；铜、铝等对电流呈现的阻力很小，说明它们的导电性能很好，这类物质称为导体；硅和锗等通过一定电流时呈现的电阻通常介于导体和绝缘体之间，称为半导体。因此根据物质导电性能的不同可将其分为三大类：导体、绝缘体和半导体。

从本质上来看，电阻值的大小取决于物质本身的结构，即决定于物质的电阻率。但在工程实际应用中，电路的连接线都是用导电性能良好的导体材料制作的，因此，导体的电阻不仅取决于其电阻率的大小，还与导体的长度、截面有关。导体的电阻遵循以下规律：

$$R = \rho \frac{l}{S} \quad (1.1)$$



工程上常采用 $k\Omega$ (千欧)、 $M\Omega$ (兆欧) 作单位, 它们和电阻基本单位 Ω 之间的换算关系为

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

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

工程应用中导体的电阻率 ρ 随温度的变化而变化,以电气行业常用材料在20℃时的电阻率作为计算依据,如表1.1所示。

常用材料在 20℃时的电阻率

材 料 名 称	电阻率 $\rho/\Omega \cdot \text{m}$
银	1.6×10^{-8}
铜	1.7×10^{-8}
铝	2.9×10^{-8}
铁	1.0×10^{-7}
锡	1.1×10^{-7}
钢	2.5×10^{-7}
锰铜	4.4×10^{-7}
康铜	5.0×10^{-7}
镍铬合金	1.0×10^{-6}
铁铬铝合金	1.4×10^{-6}
铝镍铁合金	1.6×10^{-6}
石墨	$(8 \sim 13) \times 10^{-6}$

温度上升,电阻随之明显增大的现象称热敏现象,热敏材料可制作成热敏电阻。热敏电阻的特点是电阻值随温度的变化而发生明显的变化。它主要用在电路中作温度补偿用,也可在温度测量电路和控制电路中作为感温元件。

若导体的电阻随照射光线的强弱变化,则把这类导体称作光敏材料,用光敏材料制作的电阻称作光敏电阻。光敏电阻广泛应用于各种光控电路,如对灯光的控制、对灯光的调节,也可用于光控开关。

某些金属、合金和化合物在温度降到绝对零度附近某一特定温度时，它们的电阻率突然减小到无法测量的现象叫做超导现象，能够发生超导现象的物质叫做超导体。例如在大的电磁铁或电机中，通过线圈的电流很强，为了避免产生过多的热量，线圈就必须用较粗的导线绕制或采取冷却措施。如果用超导体做线圈，就可以避免这种缺点。另外电缆采用超导体材料制作时，超导电缆埋在地下，损耗小，有利于节约能量，保护环境和节约土地。超导现象在高能物理领域也有重要应用，用超导线圈制成的电磁铁能产生强大的磁场，对于核聚变时约束等离子体和粒子加速器实验装置都有很大用处。目前阻碍超导现象大规模应用的主要问题是它要求低温。如果能得到在室温下工作的超导材料，可能会使整个工业的发展发生巨变。在对新的超导材料的研究工作方面，我国走在世界的前列。

【例 1.1】有 1 捆长度 $l=100\text{m}$ 、横截面积 $S=1\text{mm}^2$ 的铜芯绝缘导线,求这捆导线的电阻。(电阻率可查表 1.1。)



【解】 $S = 1\text{mm}^2 = 1 \times 10^{-6} \text{m}^2$ ， $l = 100\text{m}$ ，查表 1.1 可知铜的电阻率 $\rho = 1.7 \times 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$ ，则

$$R = \rho \frac{l}{S} = 1.7 \times 10^{-8} \frac{10^2}{10^{-6}} = 1.7(\Omega)$$

1.1.2 电阻的分类

电阻是电子电路中最常用的元器件之一，在电路中起限流、分压及分流的作用。电阻从结构上可分为固定电阻和可变电阻两大类。

1. 固定电阻

顾名思义，固定电阻的阻值是不可变的，其标称阻值一般标示在电阻上。固定电阻器的典型产品图、电路图符号如图 1.1 所示，文字符号用大写字母“R”表示。

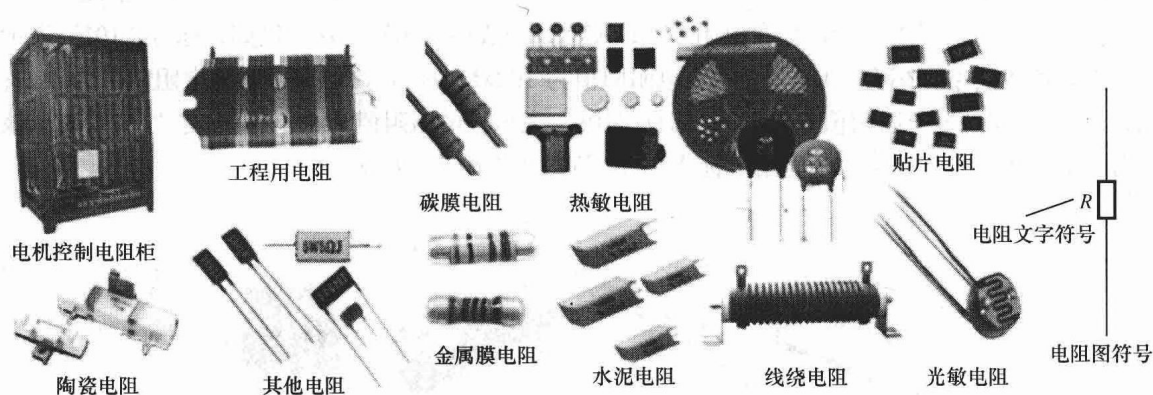


图 1.1 实用固定电阻和电阻符号

2. 可变电阻

可变电阻的阻值可以在一定的范围内调整，其标称阻值是最大值，其滑动端到任意一个固定端的阻值在 0 和最大值之间连续可调。

可变电阻又分成可调电阻和电位两种。可调电阻有立式和卧式之分，分别用于不同电路的安装。电位器就是可调电阻加上一个开关，做成同轴联动形式。可变电阻产品及电路图符号如图 1.2 所示。



图 1.2 可变电阻产品与符号



1.1.3 电阻标称值的识别方法

电阻器上所标示的电阻值称为标称值。标称值在电阻器上常用的标示方法有以下3种。

1. 直接标示法

将电阻器的阻值和误差等级直接用数字印在电阻上。对小于 $1\ 000\Omega$ 的阻值只标出数值，不标单位；对 $k\Omega$ 、 $M\Omega$ 只标注 k、M。精度等级标 I 或 II 级，III 级不标明，如图 1.3 所示。

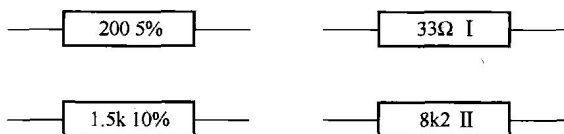


图 1.3 电阻的直接标志法

2. 数字符号法

将需要标示的主要参数与技术指标用数字或符号有规律地标示在产品表面上的方法称为数字符号法，如图 1.4 所示。由于手机等一些较小设备中电路本身所占面积较小，其中的电阻也很小，因此标称电阻值及误差很少被标在电阻上，即使有，一般也采用数字法，例如，标有“101”表示该电阻阻值为 10Ω ；标有“102”表示该电阻阻值为 100Ω ；标有“103”表示该电阻阻值为 $1k\Omega$ ；标有“104”表示该电阻阻值为 $10k\Omega$ ；标有“106”表示该电阻阻值为 $1M\Omega$ ；标有“107”表示该电阻阻值为 $10M\Omega$ ；如果一个电阻上标为 223，则这个电阻为 $22k\Omega$ 。

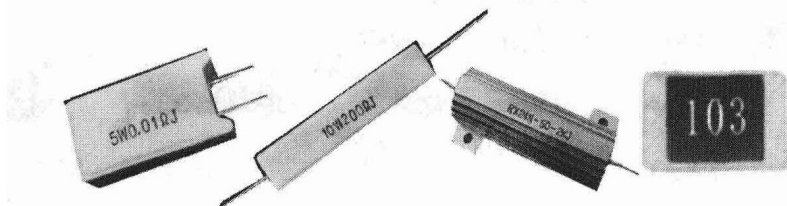


图 1.4 电阻的直接标志法和文字符号法实例

3. 色环标示法

目前，国产或进口电视机、收录机广泛采用色环电阻，其优点是在装配、调试和修理过程中，不用拨动元件即可在任意角度看清色环，读出阻值，使用很方便。实用中体积较小的固定电阻和一些合成电阻器，其阻值和误差通常都采用色环来标注，因此色环标示法应是一种熟练掌握的基本技能。

色环标志法有四环和五环两种。四环电阻上标有4道色环，第1道环和第2道环分别表示电阻的第一位和第二位有效数字，第3道环表示前两道环数字的倍乘，即乘数，用10的乘方数(10^n)表示，第4道环表示允许误差（若无第四道色环，则误差为 $\pm 20\%$ ）。色环电阻的单位一律为 Ω 。

若要熟练掌握四环电阻色环识别法，可这样记忆：棕1，红2，橙3，黄4，绿5，蓝6，紫7，灰8，白9，黑0。这样连起来读，多复诵几遍便记忆牢固。另外，记准记牢四环电阻中第三环颜色所代表的阻值范围，这一点是快速识别的关键。具体如下。

金色：几点几欧

黑色：几十几欧

棕色：几百几十欧

红色：几点几千欧

橙色：几十几千欧



黄色：几百几十千欧

绿色：几点几兆欧

蓝色：几十几兆欧

从数量级上可把它们划分为三个大的等级，即金、黑、棕色是欧姆级的；红、橙、黄色是千欧级的；绿、蓝色则是兆欧级的。这样划分一下是为了便于记忆。色环法识别电阻标称值方法如图 1.5 所示。

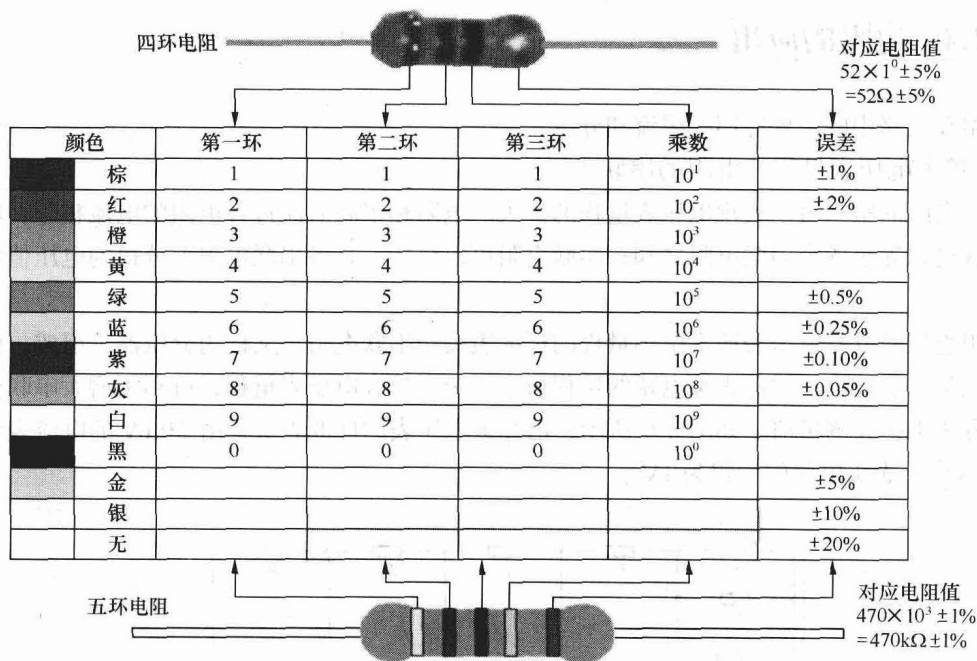


图 1.5 色环法判别电阻阻值示意图

例如，当图 1.5 中四环电阻的 4 个色环依次是绿、红、黑、金时，因为第三环为黑色、阻值范围是几十几欧，按照绿、红两色分别代表的数“5”和“2”代入，则读数为 52Ω 。第四环是金色表示误差为 $\pm 5\%$ 。

再如，某四环电阻的 4 个色环依次是棕、黑、橙、金色时，因为第三环为橙色，阻值范围应是几十几千欧，按照第一、二环棕、黑色代表的数值“1”和“0”代入，则阻值应为 $10\text{ k}\Omega$ 。第四环是金色，其误差为 $\pm 5\%$ 。

如果在某些不好区分的情况下，也可以对比两个起始端的色彩，因为计算阻值的第一环色彩不会是金、银、黑 3 种颜色，如果靠近边缘的是这 3 种色彩，则需要倒过来计算。

五环电阻与四环电阻标注方式的区别在于：四色环用前两位表示电阻的有效数字，五色环电阻用前三位表示该电阻的有效数字，两者的倒数第 2 位均表示电阻的有效数字乘数，最后一位表示该电阻的误差。

对于五色环电阻的标称值具体识别方法如下。

第一色环是百位数，第二色环是十位数，第三色环是个位数，第四色环是应乘倍数，第五色环是误差率，即五环电阻的阻值 = (第一色环数值 $\times 100$ + 第二色环数值 $\times 10$ + 第三色环数值) $\times$ 第四色环代表的乘数。



例如,如图 1.5 所示五色环电阻色彩标识为黄、紫、黑、橙、棕时,第一环黄色代表的“4” $\times 100$ +第二环紫色代表的“7” $\times 10$ +第三环黑色代表的“0”=470,第四环橙色的乘数是 10^3 ,因此该电阻阻值应为 470 k Ω 。第五环是棕色,其误差为 $\pm 1\%$ 。

再如,某 5 色环电阻的颜色排列为红、红、黑、黑、棕,则其阻值为

$$R = (2 \times 100 + 2 \times 10 + 0) \times 10^0 = 220 (\Omega)$$

五色环电阻通常都是误差为 $\pm 1\%$ 的金属膜电阻。

1.1.4 电阻的应用

电阻在电路中的主要应用是限流和分压。

1. 扩大电压表量程 (电阻的串联)

利用电阻的串联可以实现电压表量程的扩大。电阻相串联后流过各电阻的电流相等;串联电阻的等效电阻等于各个串联电阻之和;串联电阻可以分压,且各串联电阻上分得的电压值和其阻值成正比。

实用直流磁电系电压表通常由小量程的标准表头与串联电阻 (又称为分压器) 组成。标准表头中的电阻一般较小,因此表头电路的量程很小。为了扩大电压表量程,可利用增大串联分压器数值的方法来扩大测量值。如图 1.6 所示,已知该电压表的标准表头是由 $50\mu\text{A}$ 的电流表和电阻 R_V 串联构成,表头电路的量程为 1V。

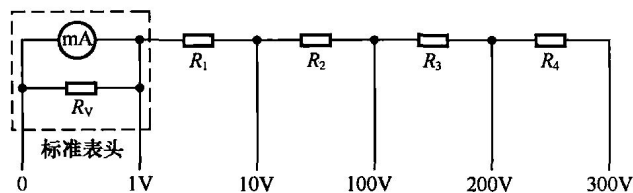


图 1.6 电压表扩大量程示意图

若使该表头成为多量程电压表,且最大量程为 300V 时,分压器与测量机构的总电阻值应为 $300 / (50 \times 10^{-6}) = 6 \times 10^6 = 6 (\text{M}\Omega)$,即电压表的分压器电阻为 20k Ω /V。由计算的方法也可以计算出各分压电阻的阻值分别为

$$R_1 = \frac{10-1}{5 \times 10^{-6}} = 180 (\text{k}\Omega)$$

$$R_2 = \frac{100-10}{5 \times 10^{-6}} = 1.8 (\text{M}\Omega)$$

$$R_3 = \frac{200-100}{5 \times 10^{-6}} = 2 (\text{M}\Omega)$$

$$R_4 = \frac{300-200}{5 \times 10^{-6}} = 2 (\text{M}\Omega)$$

实用中利用串联电阻的方法解决问题的例子很多。如在负载额定电压低于电源电压的情况下,通常采用串联电阻的方法,让串联电阻分得一部分电压,以保证负载上加的电压不超过其额定值。有时为了限制负载中通过的电流,需要在负载上串联一个限流电阻。如果需要调节电路中的电流,一般也可以在电路中串接一个变阻器来进行调节等。



2. 扩大电流表量程 (电阻的并联)

并联电路的特点是: 电阻相并联后, 各并联电阻两端的端电压相等; 各并联电阻上流过的电流之和等于电路中的总电流; 并联等效电阻等于各个并联电阻倒数和的倒数; 并联电阻可以分流, 且各并联电阻上通过的电流值和其阻值成反比。

在日常生活中, 家用电器和办公设备都是并联运行的。用电器并联运行时, 处在同一电压之下, 任何一个用电器的工作情况基本上不受其他用电设备的影响。当电网上负载增加时, 并联的负载电阻增多, 其等效电阻减小, 电路中的总电流和总功率增大, 但每个负载上的电流和功率基本保持不变。利用电阻的并联, 还可以扩大电流表的量程。

如图 1.7 所示, 毫安表的标准表头是 $50\mu\text{A}$ 的电流表, 与表头电阻串联后的支路电压最大值是 1V 。若使该标准表头并联电阻后成为多量程电流表, 且最大量程选择为 500mA 时, 分流器分得的总电流为 $500 - 0.05 = 499.95 (\text{mA})$, 则与测量机构并联的电阻 R_1 的数值应为 $1 / (499.95 \times 10^{-3}) = 2.0002 (\Omega) \approx 2 (\Omega)$; 若使用 250mA 量程时, 分流器分得的总电流为 $250 - 0.05 = 249.95 (\text{mA})$, 这时与测量机构并联的电阻 $(R_1 + R_2)$ 的数值应为 $1 / (249.95 \times 10^{-3}) \approx 4 (\Omega)$; 若使用 100mA 量程, 则分流器分得的总电流为 $100 - 0.05 = 99.95 (\text{mA})$, 这时与测量机构并联的电阻 $(R_1 + R_2 + R_3)$ 的数值应为 $1 / (99.95 \times 10^{-3}) \approx 10.005 (\Omega)$ 。上述分流电阻的数值表明, 分流的大小与分流电阻的阻值成反比。

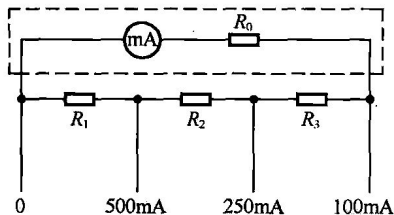


图 1.7 利用电阻并联扩大电流表量程

3. 混联电阻的应用

实用中若手头现有的电阻不少, 但没有符合当前要用的电阻数值时, 可把现有电阻相串联或相并联代替所需电阻, 如果串、并联后仍不能满足需要, 可用电阻的混联方法获得所需的电阻值。

【例 1.2】已知图 1.8 (a) 所示电路中 $R_1 = 10\Omega$, $R_2 = 8\Omega$, $R_3 = 2\Omega$, $R_4 = 6\Omega$, 路端电压 $U = 140\text{V}$, 计算 I 。

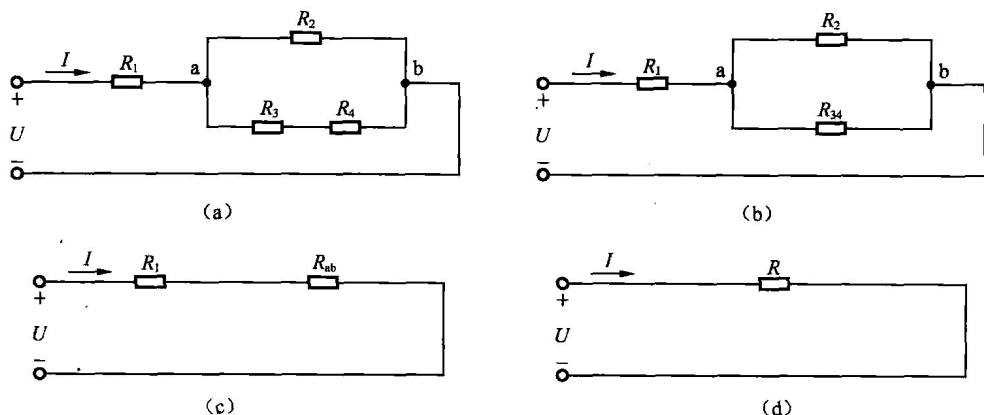


图 1.8 例 1.2 电路图及简化电路图

【解】由简化电路图 1.8 (b) 得

$$R_{34} = R_3 + R_4 = 2 + 6 = 8 (\Omega)$$

由简化电路图 1.8 (c) 得



$$R_{ab} = \frac{R_2 R_{34}}{R_2 + R_{34}} = \frac{8 \times 8}{8 + 8} = 4(\Omega)$$

由简化电路图 1.8 (d) 得

$$R = R_1 + R_{ab} = 10 + 4 = 14(\Omega)$$

最后根据欧姆定律可得

$$I = \frac{U}{R} = \frac{140}{14} = 10(A)$$

【例 1.3】 计算 1Ω 电阻和 40Ω 电阻的串联等效电阻值和并联等效电阻值。

【解】

$$R_{串} = 1 + 40 = 41(\Omega)$$

$$R_{并} = \frac{1 \times 40}{1 + 40} \approx 0.98(\Omega)$$

由此例可看出, 当两个阻值相差很大且串联连接时, 其等效电阻约等于大电阻的阻值。因此, 在电阻串联电路的分析过程中, 应注意大电阻是电路中的主要矛盾; 当这两个电阻相并联时, 等效电阻约等于小电阻的阻值, 即在电阻并联电路的分析中小电阻是主要矛盾。

1.1.5 电阻的选用

1. 根据电路的用途选择

对性能要求不高的电子线路 (如收音机、普通电视机等) 可选用碳膜电阻; 对整机质量和工作稳定性、可靠性要求较高的电路可选用金属膜电阻; 对仪器、仪表电路应选用精密电阻或线绕电阻, 但在高频电路中不能选用线绕电阻。热敏电阻的特点是电阻值随温度的变化而发生明显的变化, 主要用在电路中作温度补偿用, 也可在温度测量电路和控制电路中作感温元件用。片状电阻属于新一代电阻元件, 是超小型电子元器件, 通常用于高频电路中。片状电阻占用的安装空间很小, 没有引线, 其分布电容和分布电感均很小, 使高频设计易于实现。

2. 各种电位器的选用

电位器的体积大小和转轴的轴端式样要符合电路的要求。如经常旋转调整的选用铤平面式; 作为电路调试用的可选用带起子槽式等。电位器在代换时应注意功率不得小于原电位器的功率, 阻值可比原来电位器的阻值略大或略小。电位器按用途选择的原则如下。

① 无线电电子设备和家用电器中广泛选用碳膜电位器, 这种电位器主要由马蹄形电阻片和滑动臂构成, 其结构简单, 阻值随滑动触点位置的改变而改变。另外, 碳膜电位器的阻值范围较宽 ($100\Omega \sim 4.7M\Omega$), 工作噪声小, 稳定性好, 品种多。

② 线绕电位器由合金电阻丝绕在环状骨架上制成。其优点是能承受大功率且精度高, 电阻的耐热性和耐磨性较好, 常用在万用表和电阻箱中作为分压器和限流器, 但因其固有电容和固有电感较大, 故不宜用于高频电路中。

③ 直滑式电位器的外形为长方体, 电阻体为板条形, 通过滑动触头改变阻值。直滑式电位器多用于收录机和电视机中, 其功率较小, 阻值范围为 $470\Omega \sim 2.2M\Omega$ 。

④ 方形电位器是一种新型电位器, 采用碳精接点, 耐磨性好, 装有插入式焊片和插入式支架, 能直接插入印制电路板, 不用另设支架, 常用于电视机的亮度、对比度和色饱和度的调节, 阻值范围为 $470\Omega \sim 2.2M\Omega$ 。