

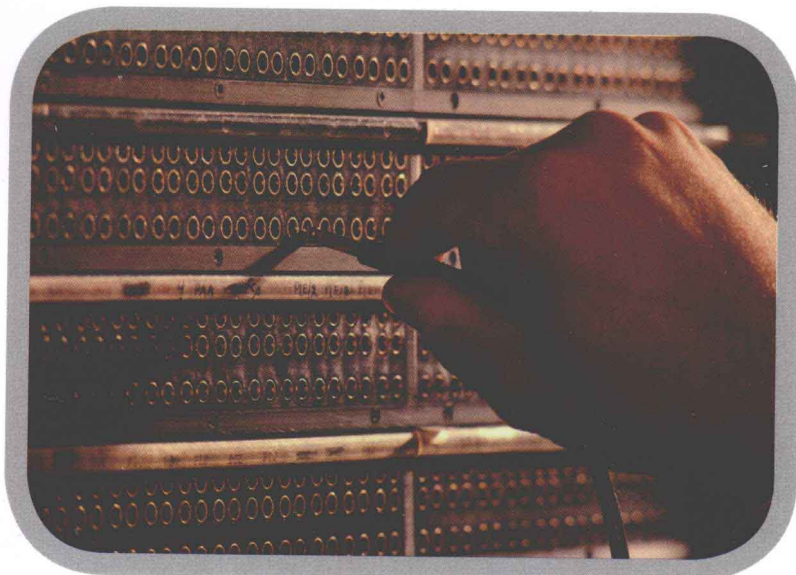


从校园到职场
CONG XIAOYUAN DAO ZHICHANG

现场电工

—— 专业技能入门与精通

宋华 主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



从校园到职场

现场电工

——专业技能入门与精通

主 编 宋 华
副主编 常建业
参 编 于驻海 安丽英



机械工业出版社

本书主要包括现场电工基本知识和操作技能两大部分内容,具体介绍了电路基本知识、电气工程图形符号、常用的电工工具及仪表设备、电气施工图的识读、建筑物防雷接地工程、电气配管工程、电气配线工程、电气器具的安装等相关专业技术内容。

本书简明易懂、综合性强、内容丰富、紧密结合工程实践,可作为施工人员的学习参考书,特别适用于从校园到职场的毕业生提高施工和管理水平,本书还可作为职业技术教育相关专业的培训教材。

图书在版编目(CIP)数据

现场电工:专业技能入门与精通/宋华主编. —北京:机械工业出版社, 2012.3

(从校园到职场)

ISBN 978-7-111-37678-1

I. ①现… II. ①宋… III. ①建筑工程-电工 IV. ①TU85

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第040470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:张晶 责任编辑:张晶 陈将浪 王荣

版式设计:霍永明 责任校对:刘志文

封面设计:路恩中 责任印制:李妍

北京振兴源印务有限公司印刷

2012年5月第1版第1次印刷

184mm×260mm·21.25印张·526千字

标准书号:ISBN 978-7-111-37678-1

定价:39.80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

社服务中心:(010) 88361066

门户网:<http://www.cmpbook.com>

销售一部:(010) 68326294

教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售二部:(010) 88379649

读者购书热线:(010) 88379203

封面无防伪标均为盗版

出版说明

近年来伴随着国民经济的快速发展，建筑行业的规模越来越大，需要大批的建筑工程技术人员。虽然高等教育机构每年向社会输送大量的学生，但是许多大学生专业理论不扎实、缺乏实践能力，导致就业后不能够很好地胜任工作。因此，针对初始建筑工程技术人员的迫切需求，我们策划了建筑工程技术入门系列指导丛书，包括施工技术系列用书、工程设计系列用书两大类。本系列图书为施工技术入门指导用书。

对于初始施工技术人员来说，工程施工是一项比较复杂的工作，不仅要具备扎实的理论基础，还要有丰富的实践经验。本丛书就是为他们准备的一把钥匙，帮助他们掌握施工基础知识、施工原理、施工要点等关键内容，在最短时间内适应工作岗位。

本系列图书包括：《安全员——专业技能入门与精通》、《质量员——专业技能入门与精通》、《造价员——专业技能入门与精通》、《材料员——专业技能入门与精通》、《施工员——专业技能入门与精通》、《资料员——专业技能入门与精通》、《测量员——专业技能入门与精通》、《试验员——专业技能入门与精通》、《机械员——专业技能入门与精通》、《现场电工——专业技能入门与精通》。

本系列图书特点概括如下：

1. 实用性

本系列图书的内容按照实际工程的施工思路进行编写，每本书由施工基础知识、施工原理、施工要点、工程实例等内容组成。通过将以上内容有机结合，结合现行规范、规程、标准等，可以使初始施工技术人员快速地熟悉各工作岗位的工作内容与要求，并且掌握工作技巧。

2. 创新性

本系列图书作者由具有丰富教学经验的教师与具有多年工程实践经验的技术人员组成。丛书紧密结合规范与工程实际，可以使初始施工技术人员掌握施工要领。

在书稿的编写过程当中，征求了多方工程相关人员的意见和建议，作了若干次修改，衷心期待本书能够为刚走上工作岗位的施工技术人员掌握建筑工程施工技能起到积极的推动作用。

前 言

随着我国国民经济的快速发展，建筑行业对实用技能型建筑电气施工人员的需求就显得尤为迫切。为了满足这种需求，编者和同仁在多年教学、工程实践的基础上，以国家现行的《建筑电气工程施工质量验收规范》（GB 50303—2002）为依据，模拟实际建筑电气工程施工的操作顺序，按建筑电气工程的分部分项划分章节，章节顺序按工程实操流程程序组编，与工程实际施工结合紧密，具有很强的实用性。本书不仅可以指导电气施工人员快速掌握施工技巧，而且还可帮助初入职场的电气施工人员了解整个电气施工流程，系统地掌握施工关键点操作技能，使之顺利地和施工岗位完成零距离对接。

本书内容全面、实用、简洁，注重理论和实践相结合，突出技能培养，强调实践岗位操作技能，图文并茂，通俗易懂，深入浅出，达到“易学、易会、易掌握”。其主要内容包括电路基本知识、电气工程图形符号、常用的电工工具及仪表设备、电气施工图的识读、建筑物防雷接地工程、电气配管工程、电气配线工程、电气器具的安装及建筑电气安装预算的计算等。

编排内容时，编者按照倡导先进性、注重可行性、强化可操作性的指导思想，在编写过程中充分考虑了工程实际施工情况，既兼顾内容的相互关联，又充分考虑其实操作性，内容既可作为高职、高专及中专院校的工民建、工程管理、建筑施工技术、工程造价等专业的课程教材，亦可作为函授或施工企业中电气施工人员的培训教材。

本书由宋华任主编，常建业任副主编，于驻海、安丽英参编。

本书在编写过程中，参考或引用了一些专家和学者的相关资料，在此表示衷心的感谢。由于编者学识水平所限，在编写过程中难免有疏漏和不当之处，对书中的不当和错误，恳请广大读者予以指正帮助，以便进一步提高完善。

编 者

目 录

出版说明

前言

第一部分 基本知识	1
第1章 电路基本知识	1
1.1 电路的基本概念	1
1.1.1 电路的组成及作用	1
1.1.2 电路的工作状态	2
1.1.3 电路的基本物理量	3
1.1.4 电路的基本规律	6
1.1.5 简单的电路负载连接	8
1.2 三相交流电路	11
1.2.1 交流电的基本概念	12
1.2.2 交流电路的类型	13
1.2.3 三相电源	16
1.2.4 三相负载连接	17
1.2.5 功率因数的提高	19
1.3 电气照明的基本知识	20
1.3.1 照明的基本物理量	20
1.3.2 照明方式和种类	21
1.3.3 常见电光源和灯具	22
1.3.4 建筑照明系统的基本组成	29
1.3.5 建筑照明系统的分类	29
1.4 电气照明基本线路连接	30
1.4.1 基本线路连接	30
1.4.2 照明线路的特点	32
1.4.3 照明供电的要求	32
1.4.4 照明配电线路的基本组成	33
第2章 电气工程图形符号	36
2.1 电气元件图形符号	36
2.1.1 电气符号的分类	36
2.1.2 强电部分的图形符号	37
2.1.3 弱电部分的图形符号	45
2.2 电气线路及设备符号	50
2.2.1 电气线路的敷设标注	50
2.2.2 线路的标注方式	52
2.2.3 电气设备符号	53

2.3 电气工程图形的应用实例	55
2.3.1 关于图形符号应用的几点说明	55
2.3.2 电气工程图形综合应用实例	55
第3章 常用的电工工具及仪表设备	68
3.1 电工工具包的组成及应用	68
3.1.1 常用电工工具	68
3.1.2 其他常用工具	72
3.2 仪表设备的组成及应用	75
3.2.1 仪表的分类	75
3.2.2 仪表常用面板符号	76
3.2.3 测量仪表类型的选用	77
3.2.4 使用仪表的注意事项	77
3.2.5 电工仪表的应用	77
第4章 电气施工图的识读	88
4.1 电气施工图概述	88
4.1.1 电气施工图的定义	88
4.1.2 电气施工图的种类	88
4.1.3 电气施工图的基本组成	89
4.1.4 有关电气施工图的一般规定	90
4.2 电气施工图的基本识读方法	93
4.2.1 电气施工图识读的一般步骤	93
4.2.2 电气施工图识读的一般方法	93
4.2.3 识读电气施工图的注意事项	95
4.3 识读施工图实例解析	97
第二部分 操作技能	138
第5章 建筑物防雷接地工程	138
5.1 防雷电简介	138
5.1.1 易遭雷击的建筑物部位	138
5.1.2 雷电破坏力的表现方式	140
5.1.3 雷电成因分析	140
5.1.4 雷电的分类	141
5.1.5 防雷等级划分	141
5.2 施工现场接地及接零	142
5.2.1 接地及接零概念	142
5.2.2 名词术语	143
5.2.3 施工现场的接地连接形式	143
5.2.4 施工现场临时用电中接地（接零）保护形式	145
5.2.5 施工现场人员用电安全	148
5.3 建筑物防雷接地装置的构成	150
5.3.1 防直击雷装置	150
5.3.2 防雷电感应的措施	155

5.3.3 防雷电波侵入的措施	157
5.4 施工现场常用防雷装置施工操作	158
5.4.1 施工现场对防雷装置的安装要求	158
5.4.2 避雷针(线)的安装操作	159
5.4.3 避雷带(网)的安装敷设	160
5.4.4 避雷器的安装操作	163
5.4.5 引下线敷设布置	164
5.5 建筑物接地装置的施工操作	167
5.5.1 接地体的安装要求	167
5.5.2 人工接地体的施工操作	167
5.5.3 基础接地体装置的施工	170
5.5.4 自然接地装置的施工	170
5.5.5 接地干线的施工	171
5.5.6 接地电阻的测试	172
5.6 等电位联结施工操作	174
5.6.1 等电位联结的安装要求	174
5.6.2 等电位联结的施工操作	174
5.6.3 等电位联结导通性的测试	179
5.7 防雷接地工程量计算规则	180
5.7.1 接地装置的计算规则	180
5.7.2 接地跨接线的计算规则	180
5.7.3 避雷引下线的计算规则	180
5.7.4 接闪器的计算规则	181
5.7.5 防雷接地装置的调试规则	182
第6章 电气配管工程	183
6.1 常用配管材料	183
6.1.1 电线管	183
6.1.2 电气安装常用的型钢	185
6.1.3 灯头盒及接线盒	188
6.1.4 护口、锁紧螺母	190
6.2 配管的相关要求	191
6.2.1 配线管的管口要求	191
6.2.2 线管敷设长度的要求	191
6.2.3 线管弯曲半径的要求	192
6.2.4 电线穿管最小管径的选择	192
6.2.5 电气线路与管道间的最小距离	195
6.2.6 线管接地	195
6.3 电气铝线卡明敷施工操作	195
6.3.1 施工工艺操作流程	196
6.3.2 明敷施工操作	196
6.4 电气线槽敷设操作	197
6.4.1 塑料线槽明敷设	197
6.4.2 金属线槽明敷设	200

6.5 电气钢管敷设操作	203
6.5.1 钢管暗敷设	203
6.5.2 钢管明敷设	209
6.5.3 吊顶内或护墙板内管路敷设	212
6.6 电气塑料绝缘导管敷设操作	213
6.6.1 硬质阻燃塑料管(PVC)明敷设	213
6.6.2 硬质和半硬质阻燃型绝缘导管暗敷设	217
6.6.3 接线盒的安装	219
6.6.4 穿墙套管的安装	219
6.7 电气配管工程量计算规则	219
6.7.1 与计算有关的说明	219
6.7.2 各种配管工程量的计算规则	220
6.7.3 其他项目的计算规则	221
第7章 电气配线工程	222
7.1 常用的配线材料	222
7.1.1 常用的导电材料	222
7.1.2 常用的绝缘材料	223
7.1.3 熔体	227
7.2 常用电缆电线	228
7.2.1 裸导线	228
7.2.2 绝缘导线	228
7.2.3 电缆	231
7.2.4 硬母线	242
7.2.5 导线和电缆的选择	242
7.3 电气配线施工概述	245
7.3.1 配线工程一般规定	245
7.3.2 室内配线施工操作程序	248
7.4 导线连接的工艺及要求	248
7.4.1 导线连接的要求	248
7.4.2 导线的连接方法及工艺	249
7.4.3 导线间及与设备的连接件	253
7.5 接户线及进户线安装	254
7.5.1 架空线路接户电杆的组成	255
7.5.2 安装施工条件	257
7.5.3 安装施工工艺流程	257
7.5.4 接户线及进户线的施工操作	257
7.6 室内电气配线施工操作	261
7.6.1 塑料护套线敷设	262
7.6.2 线槽布线	264
7.6.3 线管内配线	265
7.7 电缆敷设	269
7.7.1 电缆术语	269
7.7.2 电缆施工准备	269

7.7.3 电缆敷设的一般规定	270
7.7.4 电缆直埋敷设	270
7.7.5 电缆沟内敷设电缆	273
7.7.6 排管内敷设电缆	275
7.7.7 电缆沿墙敷设	276
7.7.8 桥架内敷设电缆	278
7.7.9 电气竖井内配线	279
7.8 低压电缆头制作、安装	285
7.8.1 前期准备工作	285
7.8.2 电缆头制作要求	285
7.8.3 交联聚乙烯绝缘电缆户内干包式电缆头制作工艺	286
7.8.4 1kV 以下干包式塑料电缆终端头制作	286
7.8.5 1kV 以下塑料电缆中间接头制作	287
7.9 电气配线工程量计算规则	289
7.9.1 管内穿线工程量的计算规则	289
7.9.2 其他方式配线工程量的计算规则	290
7.9.3 电缆工程量计算规则	290
第8章 电气器具的安装	296
8.1 成套配电箱(柜)安装	296
8.1.1 照明配电箱安装	296
8.1.2 动力配电箱安装	299
8.1.3 成套配电柜安装	300
8.2 低压电器安装	303
8.2.1 低压电器的种类	303
8.2.2 低压电器安装前提条件	303
8.2.3 低压电器安装前的检查	303
8.2.4 低压电器安装规定	304
8.3 常用低压配电电器的安装	304
8.3.1 刀开关和转换开关安装	304
8.3.2 低压断路器安装	306
8.3.3 漏电保护器安装	307
8.3.4 低压熔断器安装	307
8.3.5 绝缘电阻的测试	308
8.4 照明灯具安装	308
8.4.1 安装作业条件	308
8.4.2 灯具安装施工工艺流程	309
8.4.3 灯具安装一般要求	309
8.4.4 普通灯具的安装	310
8.4.5 专用灯具的安装	316
8.4.6 通电试运行	317
8.4.7 现场灯具安装安全措施	317
8.4.8 灯具成品保护	318
8.5 照明开关及插座安装	318

8.5.1	照明开关安装	318
8.5.2	插座安装	321
8.5.3	风扇安装	323
8.5.4	开关及插座的成品保护	325
8.5.5	安全保护措施	325
8.6	电气器具工程量计算规则	325
8.6.1	相关设备安装工程量计算	325
8.6.2	照明器具安装工程量计算	327
8.6.3	送配电装置的系统调试	328
参考文献		329

第一部分 基本知识

第 1 章 电路基本知识

1.1 电路的基本概念

1.1.1 电路的组成及作用

电路是电流通过的路径，它是为了某种需要由若干电器设备与器件按一定方式组合而成的。

1. 电路的组成

一般电路可以分为内电路和外电路，对于电源来讲，电源内部的电流通路称为内电路，其电流方向是从电源的负极指向正极；而把负载和中间环节构成的电流通路称为外电路，其电流方向是从电源的正极指向负极。

按照电路中流过电流的特点，又可以把电路分为直流电路与交流电路两种，直流电流流通的电路称为直流电路（简称为 DC），其特点为：大小和方向不随时间而变化；交流电流通过的电路称为交流电路（简称为 AC），其特点为：大小和方向随时间而变化，且在一周期内平均值为零。人们日常生活中使用的电流就是正弦交流电流（电流按正弦规律变化）。当开关合上时，电流就在电路中流通，灯泡发光，其基本组成为电源、中间环节和负载 3 部分。

如图 1-1 所示，电路组成图是一个简单的实物电路，它由干电池、灯泡、开关和连接导线组成。

(1) 电源。一个完好的闭合回路中有了电源，就会使电荷做有规则的运动而形成电流，所以它是推动电路中电流流动的原动力。

电源是指电路中供给电能的设备，是供给电能的源泉，如图 1-1a 所示的干电池。电源的作用是将其

其他形式的能量转换为电能，如电池将化学能转换为电能，发电厂的发电机将热能、水能等转换电能，通过变压器、输电线等输送到建筑工地，然后在那里又被转换为机械能（如塔吊、钢筋的调直机）、光能（如夜间施工照明用的镝灯），而一般建筑工地上的发电机则是将机

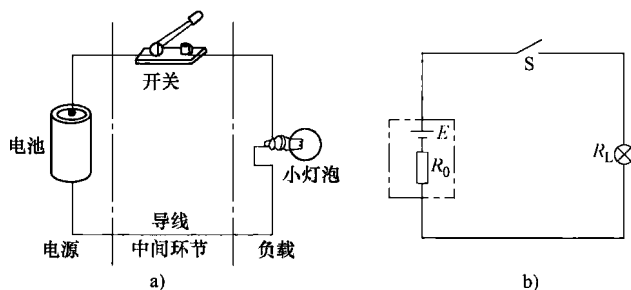


图 1-1 电路组成图
a) 电路的组成 b) 电路图

械能转换为工地上所需的电能等。

(2) 中间环节。中间环节主要是包括连接导线和一些控制电器和保护电器，它们负责将电源和负载连接成一个闭合回路，起到传输电能、分配电能以及保护等的作用。

连接导线是负责连通电路和输送电能的，常用的导线为铜线（BV）；控制电器是用来控制电路接通或断开的装置，最简单的控制电器就是刀开关；保护电器是当电路中出现故障（如短路、过电压、欠电压等）时，能及时地将电路切断，保护线路或设备不至于损坏的装置，最简单的保护电器就是熔断器。

(3) 负载。负载是指电路中的消耗电能的设备，即用电设备，它主要是将电能转换为其他形式的能量。如电灯将电能转换为光能，电炉将电能转换为热能，电动机将电能转换为机械能等。

2. 电路的作用

电路的作用通常有两个方面：用来实现输送和转换电能的作用；用来进行信息的传递和处理。

3. 工程中电路模型

在工程中常采用电路模型来对实际电路进行分析和计算。电路模型就是由理想元器件构成的电路。实际电路中的元器件种类繁多，见表 1-1。在分析中通常是将实际的元器件理想化，即在一定的条件下忽略元器件的次要性质，用足以表征其主要电磁性质的“理想模型”来表示。如电灯、电炉、电烙铁、电阻器等各种消耗电能的实际元器件，都用“理想电阻”来表示，干电池、蓄电池、太阳电池、发电机等各种提供电能的实际元器件都用“理想电源”来表示。

表 1-1 常用电路元器件符号

直流电源 E		电容 C		开关 S	
固定电阻 R		电压源		熔断器 FU	
可变电阻 R_P		电流源		电压表	
电感 L		照明灯 EL		电流表	

1.1.2 电路的工作状态

电路通常有 3 种状态：通路、断路和短路。

1. 通路（负载）

当电路中的开关闭合时，负载中有电流通过，消耗了电能，电路处于负载工作状态。这种状态一般就称为通路状态，如图 1-2 所示。

2. 断路（开路或空载）

当电路中某处断开或电路中的开关打开时，电路处于断路状态，负载中无电流通过，电路中的电流值为零，电源的端电压（空载电压）等于电源的电动势，负载电阻不消耗功率。这种状态一般就称为断路状态，如图 1-3 所示。

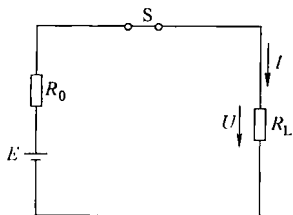


图 1-2 电路的通路状态

3. 短路

电源两端的导线由于某种事故未经负载直接相连,使负载中无电流通过,电路此时处于短路状态,如图 1-4 所示。

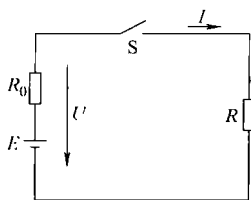


图 1-3 电路的断路状态

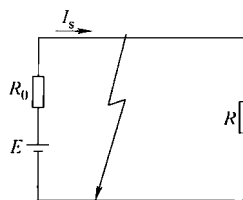


图 1-4 电路的短路状态

电路短路发生的原因一般是由于电器设备和线路的绝缘损坏或者接线错误、操作不慎引起的。当电源发生短路时,电源向导线提供的电流比正常时大很多倍,电路中若无保护措施,颇大的短路电流必然导致线路过热或电源设备发生永久性损坏,造成严重事故。因而,电路中不允许出现短路,应该尽力预防此现象发生。

为了保护电源设备和供电线路的安全运行,通常会在电路电源引入处或用电设备的输出端接入熔断器或自动熔断器进行自动保护。当线路一旦发生短路,强大的短路电流会在极短的时间内将熔丝熔断,切断电源,从而达到保护线路和电源设备的目的。

1.1.3 电路的基本物理量

1. 电流

电流是由电荷(带电粒子)有规则的定向运动而形成的。电流分成直流电和交流电两大类:直流电流是指电流的方向不随时间的变化的电流,如图 1-5 所示。交流电流是指电流的大小和方向随时间作周期形变化,如图 1-6 所示。

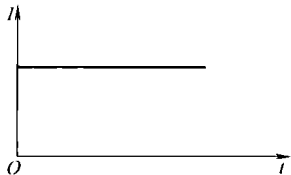


图 1-5 直流电流图

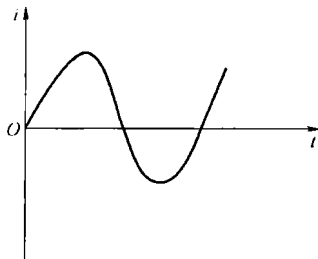


图 1-6 交流电流图

电流的大小可以用单位时间内(1s)通过某一导体横截面的电荷量来表示,称为电流。电流通常用 \$I\$ 表示,其表达式为

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

式中 \$I\$——电流(A);

\$Q\$——电荷量(C);

\$t\$——电流通过的时间(s)。

根据电流的大小,其单位可为安培(A)、千安(kA)、毫安(mA)、微安(μA)。单位之间的换算关系为

$$1\text{kA} = 1000\text{A}$$

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

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

电流的方向是客观存在的。为了描述电荷在电路中的流动方向,如图1-7所示,把正电荷移动的方向或负电荷移动的反方向规定为电流的方向。于是,在内电路中的电流方向是从电源的负极流向电源的正极,而在外电路中的电流方向是从电源的正极经过负载流回电源的负极。电流值可以为正值,也可以为负值,正值表示电流的实际方向与规定的电流方向一致,负值表示电流的实际方向与规定的电流方向相反。

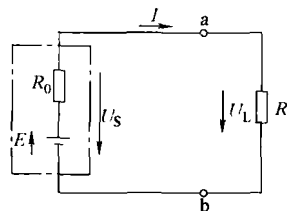


图 1-7 电路的基本物理量

电流虽然看不见,但是却能用电流表测量出来。测量电流时,电流表必须串联在电路中,电流流入电流表的一端接“+”极,流出电流表的一端接“-”极,电流值从电流表的表盘指针所指向的数值读出。

2. 电阻

电阻是表述物质阻碍电流通过能力的一个物理量,用字母“ R ”或“ r ”表示。它的单位用“欧姆”表示,简称欧,常用符号“ Ω ”表示。较大的电阻用千欧($\text{k}\Omega$)、兆欧($\text{M}\Omega$)为单位,较小的电阻用毫欧($\text{m}\Omega$),微欧为单位($\mu\Omega$)。它们之间的换算关系为

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

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

$$1\Omega = 1000\text{m}\Omega$$

$$1\text{m}\Omega = 1000\mu\Omega$$

形状和体积都相同的不同物体,电阻的差别很大。绝缘体的电阻最大,金属的电阻最小,半导体的电阻介于金属导体与绝缘体之间。

导体电阻的大小与该导体的长度成正比,与导体的截面积成反比,并与导体的材料性质有关,可用式(1-2)表示:

$$R = \rho \frac{L}{S} \quad (1-2)$$

式中 R ——电阻(Ω)

L ——导体的长度(m);

S ——导体的截面积(mm^2);

ρ ——导体的电阻率($\Omega \cdot \text{m}$)

电阻率 ρ 旧称电阻系数,它表示长1m、截面积1 mm^2 的导体所具有的电阻,电阻率越小,导电性能越好,常用导体在温度20 $^{\circ}\text{C}$ 时的电阻率可查表1-2。金属导体的电阻率与温度有关,一般金属导体的电阻率随温度的升高而增大,随温度的降低而减小。导体中,银的电阻率最小,是最好的导电材料,铜和铝次之,工程中普遍采用的是铜和铝。

表 1-2 几种常用导体在温度 20℃ 时的电阻率

材 料	电阻率/ $(\Omega \cdot \text{m})$	用 途
铜	0.0172	导线
铝	0.0282	导线
银	0.0162	导线镀银
铂	1.05×10^{-7}	电阻温度计
钨	5.48×10^{-8}	灯丝
碳	10×10^{-6}	电刷
镍铬合金	$(1.0 \sim 1.2) \times 10^{-6}$	电炉丝
塑料	$10^{15} \sim 10^{16}$	绝缘体材料

利用导体对电流产生的特性，可以制成各种各样的电阻器。电阻器是工程技术中应用最多的器件之一，例如白炽灯、电炉和电烙铁都可以看成是一个电阻器。在实际工作中，要根据电阻在电路中的不同作用和不同技术要求选用合适的类型，使用时应注意电阻的额定值，电阻的额定值包括额定电阻、额定功率和阻值等，通常都用特定的记号标志在电阻器上，额定电阻通常用数字或色标标注，常见的电阻器如图 1-8 所示。

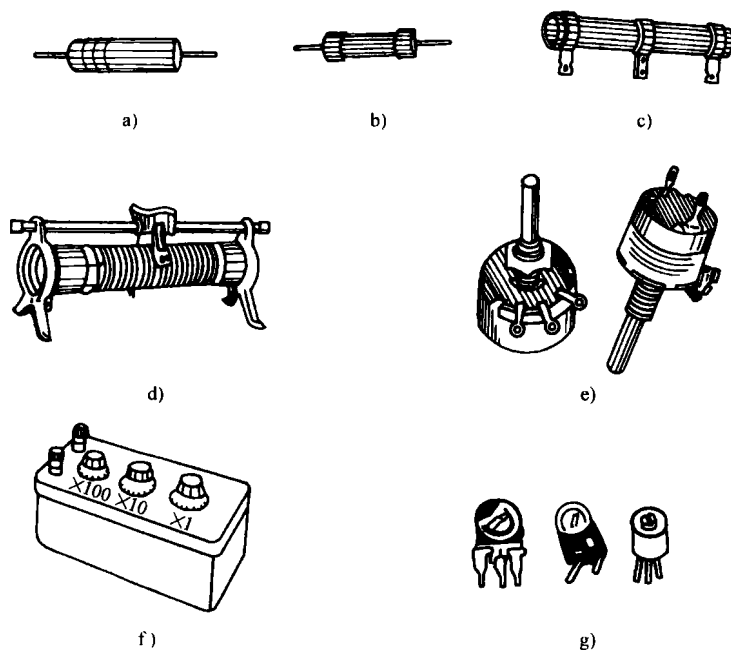


图 1-8 常见电阻器

- a) 碳膜电阻 b) 金属膜电阻 c) 线绕电阻 d) 滑线变阻器
e) 电位器 f) 电阻箱 g) 微调电阻器

3. 电压

电荷在电场或电路中具有一定的能量，电场力将单位正电荷从某一点沿任意路径移到参考点所消耗的电能，即转换成非电形态能量的电能称为这两点间的电压。

电压用字母 U 表示, 单位是伏特 (V), 简称伏。电场力将 1C (库仑) 正电荷从 A 点移到 B 点所做的功为 1J (焦耳) 时, A、B 两点之间的电压为 1V。电压的单位较小时, 可采用毫伏 (mV)、微伏 (μV) 作单位, 当电压较大时, 可采用千伏 (kV) 作单位。它们之间的换算关系为

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

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

$$1\text{mV} = 1000\mu\text{V}$$

与电流一样, 电压也分为直流电压、交流电压。人们规定了电压的实际方向为从高电动势指向低电动势的方向, 即电位降的方向, 故电压有时又称为电压降。

在电路图中, 用 “+” 和 “-” 表示电压的极性。“+” 端为高电位端, “-” 端为低电位端。当最后计算出电压值为正值时, 则表示电压的实际方向与参考方向一致, 反之, 两者方向相反。电压的参考方向在电路中除了可以用箭头表示之外, 还可以用加脚注的方法来表示。

4. 电动势

电源是组成电路不可缺少的部分, 它是在电路中产生电压驱动电流的必要条件。电源中的非电场力将单位正电荷从电源的负极移至电源的正极所转换而来的电能称为电源的电动势。电源电动势是衡量电源做功能力的一个物理量。

电动势通常用符号 “ E ” 来表示, 它的单位是伏特 (V)。例如, 干电池的电动势为 1.5V。

电源电动势有方向, 即有正极与负极之分。人们规定: 由电源的负极通过电源的内部, 指向电源的正极方向, 即电位升的方向为电源电动势方向。当最后计算出电动势的结果为正值时, 则表示电动势的实际方向与参考方向一致, 反之两者方向相反。在电路种电源电动势的参考方向除了可以用箭头表示之外, 还可以用加 “+” 和 “-” 来表示。

1.1.4 电路的基本规律

在由电源、负载组成的电路中, 电路中各部分的电压与电流都存在一定的约束关系。电路的基本规律就是研究电路中电流与电压的关系, 这些基本定律主要有欧姆定律和基尔霍夫定律。

1. 欧姆定律

在施工现场用电中会经常用到欧姆定律。欧姆定律是德国物理学家欧姆经过大量的科学实验, 确定了电路中电流、电压、电阻三者之间的相互关系, 总结出的电路的最基本定律之一。

欧姆定律内容可表述为: 在某一段电路中, 流过电阻的电流 I 与该电阻两端的电压 U 成正比, 与该段电路的电阻 R 成反比, 用数学表达式表示为

$$I = \frac{U}{R} \quad (1-3)$$

欧姆定律常用的 3 种表达方式:

1) 已知电压、电阻, 求电流: $I = \frac{U}{R}$