

电工技术 ELECTRICITY

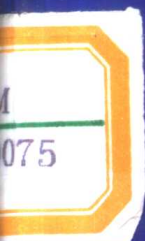
(上册)

[美] THOMAS S. KUBALA 著

韦晓阳 译



高等教育出版社



电 工 技 术

(上 册)

[美]THOMAS S. KUBALA 著

韦晓阳 译

高等教育出版社

内容简介

本书译自美国 Delmar 出版社出版的 *Electricity*(1,2)(第六版)。全书分为两篇,第一篇帮助学生建立起对电学理论及其在设备、电路、材料中应用的基本理解;第二篇帮助学生建立起对交流电路及交流电路中设备的基本理解。本书在内容编排上与我国目前常见的电工技术教材有较大的不同,理论难度较低而知识面较宽,实践性、应用性很强,同时还依据了美国国家电气规程,反映了电工行业的一些新方法、新材料。

本书原版是美国职业学校、岗位培训教材,本书可作为我国中等职业学校教师参考用书或教研改革参考用书。

"First published by Delmar publishers, a division of Thomson Learning, United States of America."

"All Rights Reserved."

"Authorized Translation/Adaptation of the edition by Thomson Learning and HEP. No part of this book may be reproduced in any form without the prior written permission of Thomson Learning and HEP."

图字:01-2000-2464号

图书在版编目(CIP)数据

电工技术.上册/(美)库巴拉(Kubala, T.S.)著;
韦晓阳译. —北京:高等教育出版社, 2001.7
ISBN 7-04-009273-5

I.电… II.①库…②韦… III.电工技术-高等学校-教材 IV.M

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 01135 号

电工技术(上册)

[美]THOMAS S. KUBALA 著 韦晓阳译

出版发行 高等教育出版社

社 址 北京市东城区沙滩后街 55 号

邮政编码 100009

电 话 010-64054588

传 真 010-64014048

网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>

经 销 新华书店北京发行所

排 版 高等教育出版社照排中心

印 刷 北京印刷二厂

开 本 787×1092 1/16

版 次 2001 年 6 月第 1 版

印 张 12

印 次 2001 年 6 月第 1 次印刷

字 数 280 000

定 价 16.70 元

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

译者前言

本教材为美国职业技术教育教材,英文版由世界著名的 Thomson Learning 出版公司所属的 Delmar 出版社出版,第 1 版于 1962 年出版,第 6 版于 1996 年出版,书名为《Electricity1》~《Electricity4》。本教材的 3 位作者 THOMAS S. KUBALA、WALTER N. ALERICH、JEFF KELJIK 都是经验丰富的职业技术教育专家,他们编写的职业技术教育教材在美国颇受欢迎。本教材的读者对象是美国职业技术学校、社区学院或成人教育培训的学生。

此次翻译根据该教材的第 6 版,并将原来的 4 册教材合译为上、下 2 册,英文版的第 1、2 册合并译为上册,第 3、4 册合并译为下册。每册又分为 2 篇,分别与英文版的各章相对应。

本教材的主要特点是:

1. 理论知识难度低,突出实践应用。本教材没有按照传统的电工技术模式编排内容,而是紧扣读者对象,根据读者今后从事的岗位需要来设置有关知识点。美国的职业技术学校实行的是—种可服务性教育,造就有生产能力的毕业生(即培养具有广泛应用性的学生,满足地区就业市场的需要)。因此,教材结合最新的美国国家电气规程,在讲清一些基本电学概念的基础上,突出实用。该教材中,理论知识的阐述往往同与之相关的实际材料、电路、设备联系在一起;数学工具应用的少,定性分析居多;计算、实验都尽量与实际生产生活中的实例相联系。

2. 采用模块式结构,全书分为 4 大部分,分别介绍了基本电学理论及其在设备、电路、材料中的应用,交流电路及交流电路中的设备,发电与输配电,电动机及电动机的控制与维修,每一部分又将相关的章节组合成 1 个单元。这样,既保证内容有一定的系统性与连续性,又可使学生分阶段学习,学生也可方便地从中略去一些不需要选学的内容。

3. 教材编写充分考虑学生的主体性,注意培养学生的学习能力。教材每章均设有学习目标,便于学生明确学习本章时应掌握的内容;章末设有思考题,供学生复习;单元训练则用于进一步考查学生对该单元中整体知识的理解。另外,教材在编写风格上生动活泼,语言精炼,图文并茂,不仅配有一般的电路原理图,还有大量的仪器、设备外形图、结构图,就是对一些理论问题的阐述,也尽量结合形象的描述方法。

长期以来,我国的电工技术教材普遍按照以学科为本位的教学模式编写。这种类型的教材根据电工学严密的逻辑体系安排内容,重视知识的完整性与系统性,理论上偏深偏难,学生在学完教材后,仍缺乏对电工知识的感性认识,不能把书本中抽象出来的理想元件、电路模型与实际生产生活中的电工应用联系起来;同时由于技能训练不够,对电气设备不敢动手,有畏惧心理,教材往往没能充分体现职业教育的特色。1999 年以来,教育部开始实施“面向 21 世纪职业教育课程改革和教材建设规划”,中等职业学校的培养目标定位在培养“高素质劳动者和中初级专门人才”上,要求教材编写要拓宽专业知识面,突出培养学生的创新精神、创业能力和实践能力,注意体现新知识、新技术、新工艺、新方法。在这种新形势下,高等教育出版社组织翻译了本教材,其目的并不在于全盘照搬国外经验,而是希望通过与国外同类教材的比较借鉴,从中得到新的教材编写理念,学习国外教材浅显易懂,理论与实践相结合的长处,为我们建构面向 21 世纪的新型电

工教材开启思路。

本教材上册由韦晓阳翻译,参加下册翻译工作的有:肖燕彩(第1篇1~10章,第2篇5~12章、20~22章)、郭芳(第1篇11~25章)、钱金秋(第2篇1~4章)、席冬梅(第2篇13~19章)、董双洪(第2篇23章~27章),并由肖燕彩、郭芳负责下册的全部统稿工作。本教材由清华大学宗孔德教授悉心审校,译者谨致衷心的感谢!

凡译者发现的原书中的编校错误,均已改正,有些还加注了说明。由于译者水平有限,译文中的错误和不当之处,敬请读者批评指正。

译 者

2000年12月

前 言

经过修订的第六版《电工技术》(上)反映了当前电气应用中的流行材料和技术,并保持了前几版颇受欢迎的风格。

本书的第一篇帮助学生建立起对电学理论及其在设备、电路、材料中应用的基本理解;第二篇帮助学生建立起对交流电路以及交流电路中设备的特点的基本理解,由此获得的知识将使生得以进行更深入的学习。应该意识到,电工技术是不断发展的,对它的学习也需要不断发展。电气工业中不断涌现出更新、更高级的设备和材料,导致安装、运行的相应改变,因此,电气规程也在不断修订,以提高电气安装、运行的质量和安全性。

本书通俗易懂,按一定的逻辑顺序编排内容。书中的一些问题需要用到简单的代数和三角知识。本书建议用电子从负到正的运动作为电流的参考方向。

每章开始设有学习目标,可使学生明确学习本章时应掌握的内容。每章结束时设有复习题,用以考查学生对本章内容的理解,是否达到了学习目标。内容相近的几章组成一个单元,并设单元小结,进一步考查学生对该单元中整体知识的理解。各种复习结合起来是本书学习过程中的一项基本内容。

所有学习电工技术的学生,特别是那些进行电工学徒教育的学生、职业技术学校的学生,以及各种职业教育计划中的学生,都将发现本书十分有用。

建议学生在学习本书时参考最新版的[美国]全国电气[线路和设备的架设及安装]规程(由全国防火安全协会出版),在实际安装中,还要查阅州和当地的有关规定。

第六版的特点包括:

- (1) 在某些章中给出了典型解题方法。
- (2) 复习题中设置了有挑战性的问题,通过复习可加深对概念的理解。
- (3) 有为实践设置的大量问题。
- (4) 内容遵循最新的国家电气规程。
- (5) 包含基于教师各种建议的最新内容。
- (6) 反映电工行业方法、材料的最新内容。
- (7) 多数章中有详细的解决问题的方法。

《电工技术》配有教师参考书,其内容包括每章复习题的答案,各单元小结复习题的答案,还另有一些相关内容的测验题。教师可以利用这些习题组织测验,以检查学生的学习效果。学生学习指导书可使学生在课堂教学和实验室实践中更多地掌握学习内容。

作者介绍:Thomas S. Kubala(汤姆斯·S·库布勒)博士,在 Broome Community College(Binghamton, New York)获得了电气技术准学士学位,在 Rochester Institute of Technology(Rochester, New York)获得电力工程学士学位,在 the State University of New York(Oswego New York)获得职业技术教育硕士学位,在 the University of Maryland(College Park, Maryland)获得博士学位。

Thomas S. Kubala 博士是两所社区学院的专职教师及管理一个职业技术项目的部门负责人。

除了在技术教育中的深厚背景,Thomas S. Kubala 博士在电力工业中的经验也很丰富,在空气动力学、电气牵引、电路设计、设备测试、系统评估等领域中,都担任过一定职位。

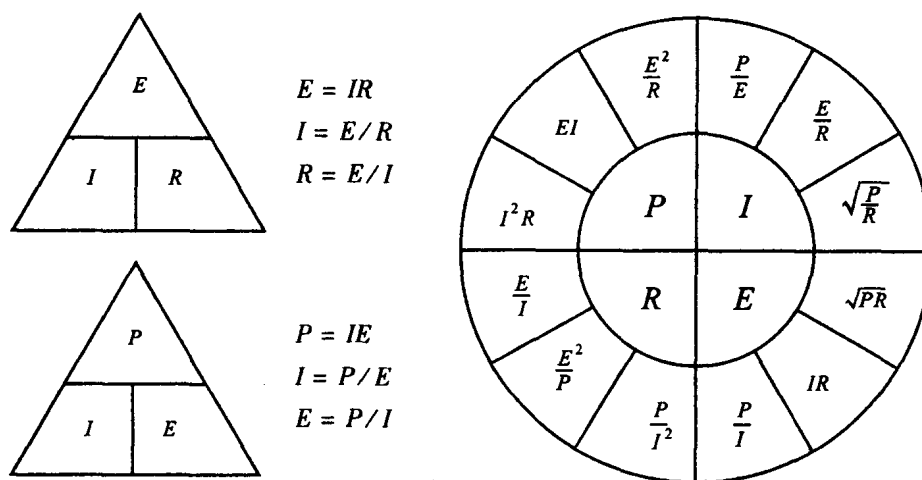
致谢:非常感谢以下教员对本书修订工作的意见和帮助,他们是 Keith DeMell (Corning Community College, Corning, NY), Glenn Allen (IVY Tech, Ft. Wayne, IN), John Lasher (Regional Occupational Skills Center, Erie, PA)。

电气行业图书

Delmar 出版社出版的有关电气行业的系列指导用书包括教材、实验指导书以及有关图书,书目见下。这些图书的特点是基本理论与实践相结合,并给学生提供动手实践的机会。

《电工技术 1》	《工业电动机发展趋势》
《电工技术 2》	《交流电基础》
《电工技术 3》	《住宅电气布线》
《电工技术 4》	《商业电气布线》
《电动机控制》	《工业电气布线》
《电动机控制实验指导》	《与电工有关的实用数学》

基于欧姆定律的公式



目 录

第1篇 设备、电路、材料(上)	1
第1章 概述	1
第2章 电子理论与欧姆定律	4
第3章 串联电路	8
第4章 并联电路	12
第5章 串并联电路	17
第6章 电能和电功率	21
第7章 蓄电池	24
第8章 导线和导线线号	30
第9章 导体两端的电压降	35
第10章 1~9章小结	38
第11章 磁铁与磁场	43
第12章 电磁学	46
第13章 电动势的产生	50
第14章 直流电动机原理	55
第15章 11~14章小结	59
第16章 典型电铃电路	62
第17章 照明电路的开关控制	67
第18章 布线器材	74
第19章 照明电路的远距离控制 系统	89
第20章 16~19章小结	95

第2篇 设备、电路、材料(下)	99
第1章 交流电原理	99
第2章 电感和感抗	106
第3章 电容和容抗	110
第4章 电阻、电感串联电路	115
第5章 电阻、电容串联电路	119
第6章 电阻、电感、电容串联电路	123
第7章 含电感的并联交流电路	129
第8章 含电感和电容的并联交流 电路	132
第9章 交流功率、功率因数、功率 因数的补偿	137
第10章 1~9章小结	146
第11章 单相、三线进户线	149
第12章 公寓建筑单相、三线进 户线的安装	157
第13章 三相、三线进户线的安装	162
第14章 荧光灯简介	167
第15章 荧光灯的安装	170
第16章 11~15章小结	177
附录	179
词汇表	181

第1篇 设备、电路、材料(上)

第1章 概 述

学 习 目 标

学习本章后,学生应能:

- (1) 列出学生成为电工后的工作领域。
- (2) 讨论电工职业的职业道德与必备资格。
- (3) 叙述教育计划,并讨论其意义。

当一个人开始新的学习,尤其是这种学习涉及了终生职业培养时,应该全面了解其基本特点、意义以及要求。

1. 职业描述

电工是建筑业中的一种基础职业,个人的能力与技术在这一职业中可以得到承认与回报。电工工作涉及以下范围:新建筑物中的电气安装、旧建筑物中的重新布线、电气维护与检修、电气设备及装置的故障查找与检修,这其中的很多内容也是电力与电子领域中的基本工作。

在涉及电工的所有领域,特别是电子领域中,电工工作非常紧密地与电工技能及理论概念相联系。因此,只有经过专门培训才能从事这一职业。随着越来越多的电子设备的广泛应用,电工学徒必须掌握有关的电工技能,以便能安装和维护这些设备。

2. 工作环境

电工这一职业的工作环境与工作条件是很不错的,既有室内工作也有户外工作。工作时间与工作条件也使人感到这是一项令人愉快的一流工作。从事过许多工作的熟练工有机会与各种用户接触,他们的经验表明,电工职业有着广阔的前景与发展。因为电工职业的从业人员担负着连接并建设复杂电气系统的重要职责,故要求他们具有高度的责任感。电气系统由本州或本地的建设规程,以及[美国]全国电气[线路和设备架设及安装]规程^① 监管,因此,从业人员必须经

① 英文缩写为 NEC,本文以下各章均使用这一缩写表示。

过专门培训。

3. 就业机会

如今,在建筑业中,需要更多的受过高级培训的电工技术人员。现代化的住宅、办公室、工厂都需要大量高素质的电工技术人员。持续增长的各种新型建筑、新型电气设备及其应用,为有资格的电工技术人员提供了大量的就业机会。电力行业中不断增多的电子设备的应用也显示出对高级电工技术人员日益增长的需求。

技术的进步带来了新改革、新观念、新方法,要求电工学徒熟悉这些新发展,在专业上不断提高,而电工对于新知识的不断运用又使得这一职业更富吸引力并充满希望。每个学徒都有机会通过对电工领域新技术的理解而成为一流的熟练工,并由此进一步提升为领班或承包人。电工职业需要那些有全面实践经验及技术的人员,以及管理工人的领班。

为电工提供就业机会的行业很多,如电气建设、线路建设、电缆安装、信号系统、照明与供电系统、电机维护与检修、设备及器具维修、工业电子等。随着社会需求的不断增长,还将很快出现许多新的机会。

4. 职业道德

通过电工的工作质量及他对同事、雇主、公众的态度,可以判断出他是否是一名优秀的电工。一个优秀的电工为自己高质量的工作而骄傲,每天诚实工作,不辜负其获得的酬劳,准确、圆满地执行各项任务,力争独立完成大多数工作而不需要别人监督。

5. 从业资格

(1) 教育水平

学生应具有高中毕业水平或同等学力,渴望学习电工技能及电工职业中所必需的技术知识,并具备工作需要的数学知识,以便理解电工技术中一些重要的、必需的电学公式。

(2) 身体素质

学生应具有健康的体魄,因为在本职业的某些工作中有一定的操作、攀登等需要体力的活动。

(3) 总体要求

学生应喜欢与电气设备打交道,并对基本的电工技术理论有兴趣;要有协作精神,既能独立完成某些工作,又要能与同事配合;既要适应室内工作,也要适应户外工作,还要愿意进行一些分内的手工劳动。

6. 学徒教育的意义

(1) 学徒是一种受教育经历。

(2) 学徒教育计划提供了系统的培训方式。

(3) 学徒教育将培养学生成为熟练技术员所必需的基本素质。

(4) 学徒教育是培养熟练技术员的实际而有效的方法。

(5) 学徒教育对被培训者、雇主、单位、社会都有益处,他们都因受训者技能的提高而受益。

(6) 成功电工的收入是根据其知识与技术而定的,具备尽可能高的素质将对他们十分有利。

7. 责任

学徒教育加上工作经验将使学生有机会获得成为熟练技术员所需的知识与技能,学生应努力把握这些机会。

学生应对其工作有兴趣,渴望学习,努力融入集体中,有效地计划、安排工作,培养应变能力,学会如何收集、积累资料。

学生还应该学会守时,保持健康的体魄,培养创造力与领导才能,具有协作精神,仪表整齐,在任何时候都能遵守安全工作规程。

学生要学会适应职业的新情况、新观念、新发展。希望学生工作后仍能继续学习,要有到学校学习必要技能与接受相关指导的准备。

8. 教育内容

电工职业的学徒期一般是五年,有些地区学徒期不算正式工作,也没有工资;有些地区则把在校时间也算作工作时间,付给学生相应的工资。一般来说,学徒教育需保证进行课堂教育的最少课时数。

教学过程由基于电工职业不同工作范围(如住宅布线系统、商用布线系统、工厂布线系统、维护与检修等)的科目组成,每项科目都包括专业知识、专业数学、专业理论与实践训练。

如果学生在开始学习时已经具备了现阶段应有的知识,则可以直接进行正常的教学活动;如果学生在这之前没有受过应有的教育,则应在教师的监督与帮助下,通过自学补上欠缺的知识。学生还要在教师的指导下准备好个人的学习资料,如课本、笔记本、工作记录本等。

第2章 电子理论与欧姆定律

学习目标

学习本章后,学生应能:

- (1) 列出物质的基本性质。
- (2) 描述原子的结构。
- (3) 解释电流、电压、电阻、电极的基本概念
- (4) 解释欧姆定律。

1. 物质

任何具有质量并占据一定空间的事物叫做物质,液体、气体、固体是物质的不同存在形式。构成物质的微小粒子叫做原子。

2. 原子

如同太阳系中一系列行星以太阳为中心绕其旋转,原子的结构正是这样,如图1-2-1所示。原子内部位于中心、质量相对较大的部分叫做原子核,电子在原子核周围的轨道上绕核运动。

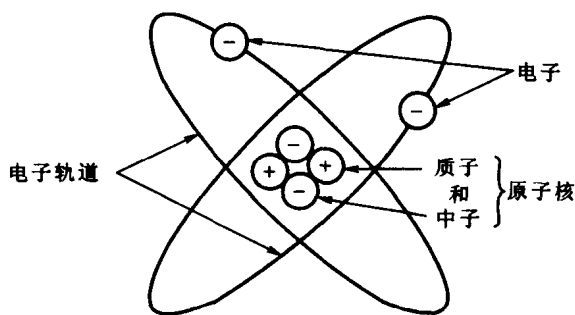


图1-2-1 氮的原子结构

3. 电荷

当一个物体吸引或排斥另一个带电物体时,我们就说这个物体带有电荷。物体可能带有正电荷,也可能带有负电荷。带有正电荷的两个物体互相排斥;带有负电荷的两个物体也互相排

斥;一个带有正电荷,一个带有负电荷的两个物体互相吸引。

4. 质子和中子

原子核由质子和中子组成,每个质子带一个正电荷并吸引电子;中子呈电中性,既不吸引也不排斥电荷。

5. 电子

原子中有一个或多个电子围绕原子核不停地旋转(就像行星围绕太阳旋转)。电子带有负电荷,质量比质子小得多,在计算原子质量时可以忽略不计。原子中电子的数量与质子的数量一样,例如,铝的原子中有 13 个电子和 13 个质子。

6. 电流

电子的运动形成电流,铜线经常用来传导电流(运动的电子)。铜线中每个原子内的电子均围绕原子核旋转,当电池或发电机施加一个电的压力(电压)给导体时,可能会迫使某些电子脱离原来的环形运动轨道而沿着铜线(导体)长度方向做定向移动,这样就产生了电流。

通过电路中某一点的电子数量越多,电流的强度越大,电流的单位是安[培](A)。测量电流大小的仪器叫做电流表,电流表在电路中必须与其他元件串联。字母 I 用来表示电路中的电流。

电流的类型有:

直流电流(DC):指电子在导体中沿着同一个方向运动。

脉动直流电流:指电流方向不变,电流大小随时间做周期性变化。

交流电流(AC):指电流的大小、方向随时间做周期性变化。

这三种电流的波形如图 1-2-2 所示。

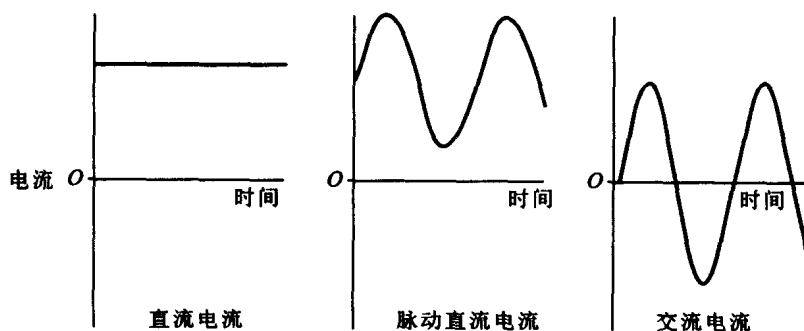


图 1-2-2 电流的典型类型

7. 电压

电流产生的条件是电路闭合且电路中有电源产生电的压力。电的压力称为电压或电位差,它可以通过很多途径得到。发电机是广泛使用的获得高电能的交、直流装置;蓄电池大量用于汽车、飞机的直流供电;光电池用在光控设备中,将光能转换为电能;热电偶由两种不同的金属结合

在一起制成,受热时能产生低电压。所有这些电源中,发电机因其巨大的商业应用而最为重要。

字母 E (原版书中用 E 表示电压) 用来表示电压,电压的单位是伏[特](V)。测量电压大小的仪器称为电压表,电压表必须与电路中的元件并联使用。

8. 电的极性

所有的直流电压源都有两个端点与电气元件连接,这两个端点具有电的极性,一个端点称作正极,另一个端点称作负极。电子从电源的负极流出,经元件回到电源的正极,电源起着维持电子从负极流出的作用。

9. 电阻

物质阻碍电子运动的性质称作电阻,任何物质都具有电阻。电阻非常小的物质称为导体,电阻很大的物质称为非导体或绝缘体。

字母 R 用来表示电阻,电阻的单位是欧[姆](Ω ,希腊字母)。测量电阻的仪器称为欧姆表,使用欧姆表时,电路中的电源必须断开。

10. 欧姆定律

掌握电路中控制电流大小的方法十分重要。欧姆定律用一个简单的公式来描述电流、电压、电阻的关系,其内容为:在任何一个电路中,电流与所施加的电压成正比,与电路中的电阻成反比。因此,电压与电阻都可以影响电流。

根据欧姆定律,当电路中的电阻是常数时,电流随电压的变化而变化,即电流随电压的增长而增长,随电压的减小而减小。同理,当电压是常数时,电流随电阻的减小而增长,随电阻的增长而减小。

电压、电流、电阻的精确关系用欧姆定律公式表示为:

$$I = E/R$$

式中 I = 电流,单位为 A;

E = 电压,单位为 V;

R = 电阻,单位为 Ω 。

欧姆定律的另外两种表示形式是

$$E = RI \quad R = E/I$$

例 1: 设 24 V 电压加在 4Ω 的电阻上,求流过电阻的电流。

解:

$$I = E/R = \frac{24}{4} \text{ A} = 6 \text{ A}$$

例 2: 设 10 A 电流流过 8Ω 电阻,求加在电阻上的电压。

解:

$$E = RI = 8 \times 10 \text{ V} = 80 \text{ V}$$

复习题

1. 解释电压、电流、电阻的含义。

2. 叙述欧姆定律并写出其三种表达形式。
3. 测量电压、电流、电阻的仪器各是什么？
4. 电压、电流、电阻的单位各是什么？
5. 一个故障照明灯,电阻 12Ω ,额定电流 $1/2\text{ A}$,要维持额定电流,应加多大的电压？
6. 一个电阻为 24Ω 的电热器,加上 120 V 电压后,流过它的电流为多大？
7. 一个加有 120 V 电压的灯泡,流过 3 A 电流,求灯泡的电阻。
8. 如果给题 7 中的灯泡加上 240 V 电压,此时的电流为多大(设灯泡的电阻不随温度变化)？
9. 8Ω 的电阻器接在 120 V 电压的电路中,求电路中的电流？
10. 当 8Ω 的电阻器接在 60 V 电压的电路中,电流为多大？
11. 烤面包机加上 120 V 电压时,流过的电流为 8 A ,求烤面包机的电阻。
12. 电阻为 5Ω 的电热器由电源供给 9 A 电流,求电源电压。
13. 若题 12 中 5Ω 的电热器换成 15Ω 的电热器,电源不变,求此时的电流。
14. 要使 6.4Ω 的灯丝上流过的电流为 20 A ,应加多大电压？

第3章 串联电路

学习目标

学习本章后,学生应能:

- (1) 描述串联电路中电压、电流、电阻的基本关系。
- (2) 运用欧姆定律求未知量。

掌握计算串联、并联、混联电路的一些基本规律,对培养电气设备故障定位技能十分重要。事实上,这是理解电工问题必不可少的基础。

串联电路指元件没有分支地依次相连,使电流只有一条通路。导线中电流的方向同电子运动的方向相同^①。图1-3-1所示的电路为三个灯泡与一个电压源串联。

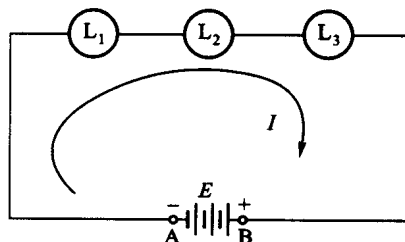


图 1-3-1 三个灯泡串联

1. 电压

串联电路中外加的总电压沿电路中的不同元件形成一系列电压降。

三个相同的电阻器组成的串联电路如图1-3-2所示,每个电阻器上的电压是总电压的1/3。图1-3-3的电路中,每个电阻器上的电压与元件的电阻成正比。

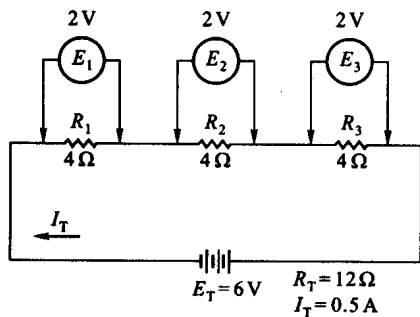


图 1-3-2 电压、电流分配：
电阻相同的电阻器串联

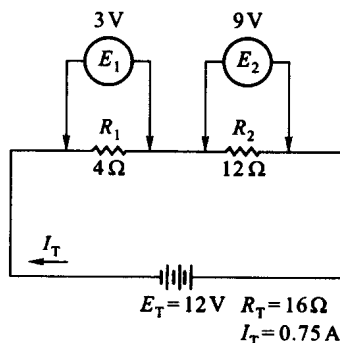


图 1-3-3 电压、电流分配：
电阻不同的电阻器串联

^① 通常规定导线中电流的方向为正电荷的运动方向。