

实用电子与电气基础

Electricity Principles and
Applications, Eighth Edition

实用**电工**学原理 与故障诊断 (第8版)

【美】 Richard J. Fowler 著

周玉坤 冼立勤 靳济方 赵成 译

Electricity Principles
and Applications
Eighth Edition



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

经典译丛·实用电子与电气基础

实用电工学原理与故障诊断

(第8版)

Electricity Principles and Applications, Eighth Edition

[美] Richard J. Fowler 著

周玉坤 冼立勤 靳济方 赵成 译

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书的主要目的是使学生掌握电工学的基本概念、基本原理、基本计算和典型电路的基本分析方法,强调理论、实践、应用和经验,为后续课程的学习提供必要的基础知识和实用技能,为进一步学习和深造打好基础。全书共16章,内容涉及直流电路、交流电路、电动机、仪表及测量、住宅布线等,附录部分包括一般工具、焊接、电容的代码和色标以及示波器等。书中实物图片丰富、题型多样,且不要求读者具有高深的数学知识。

该书可供我国大专院校电气、电子、计算机与自动化专业选作教材或教学参考书,也可供相关学科的科技人员自学或参考。

Richard J. Fowler, *Electricity Principles and Applications*, Eighth Edition.

ISBN: 978-0-07-337376-8, Copyright © 2013 by McGraw-Hill Education.

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced or transmitted in any form or by any means, electronic or mechanical, including without limitation photocopying, recording, taping, or any database, information or retrieval system, without the prior written permission of the publisher.

This authorized Chinese translation edition is jointly published by McGraw-Hill Education (Asia) and Publishing House of Electronics Industry. This edition is authorized for sale in the People's Republic of China only, excluding Hong Kong, Macao SAR and Taiwan.

Copyright © 2014 by McGraw-Hill Education (Asia), a division of McGraw-Hill Education (Singapore) Pte. Ltd. and Publishing House of Electronics Industry.

版权所有。未经出版人事先书面许可,对本出版物的任何部分不得以任何方式或途径复制或传播,包括但不限于复印、录制、录音,或通过任何数据库、信息或可检索的系统。

本授权中文简体字翻译版由麦格劳-希尔(亚洲)教育出版公司和电子工业出版社合作出版。此版本经授权仅限在中华人民共和国境内(不包括香港特别行政区、澳门特别行政区和台湾)销售。

版权©2014 由麦格劳-希尔(亚洲)教育出版公司与电子工业出版社所有。本书封面贴有 McGraw-Hill Education 公司防伪标签,无标签者不得销售。

版权贸易合同登记号 图字:01-2013-5737

图书在版编目(CIP)数据

实用电工学原理与故障诊断:第8版/(美)福勒(Fowler, R. J.)著;周玉坤等译. —北京:电子工业出版社,2014.2
(经典译丛·实用电子与电气基础)

书名原文: *Electricity Principles and Applications*, Eighth Edition

ISBN 978-7-121-22379-2

I. ①实… II. ①福… ②周… III. ①电工学 IV. ①TM

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第010986号

策划编辑:谭海平

责任编辑:谭海平 特约编辑:王 崧

印 刷:北京中新伟业印刷有限公司

装 订:北京中新伟业印刷有限公司

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路173信箱 邮编:100036

开 本:787×1092 1/16 印张:27.75 字数:799.2千字

印 次:2014年2月第1次印刷

定 价:72.00元



凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010)88254888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010)88258888。

译者序

本书是美国大学的一本优秀教材，目标是使学生掌握电工学的基本概念、基本原理、基本计算和典型电路的基本分析方法，强调理论、实践、应用和经验，为后续课程的学习提供必要的基础知识和实用技能，为进一步学习和深造打好基础。

本书作者在美国空军工作了4年，负责测试、维修和维护无线电及导航设备，讲授电工学和电子学长达30年，在电工和电子方面具有深厚的理论功底和丰富的实践经验。本书不仅对原有教材的部分内容进行了更加合理的调整，而且延续了原有教材的优秀之处，是一本不可多得的好教材。

全书共16章，内容涉及电工学的方方面面，系统性很强，非常具有实用性。内容包括直流电路、交流电路、电动机、仪表及测量、住宅布线等，附录部分包括一般工具、焊接、电容的代码和色标以及示波器等内容，该书可供我国大专院校电气、电子、计算机与自动化专业选作教材或教学参考书，也可供相关学科的科技人员自学或参考。

通过对本书的翻译，译者总结本书有以下几个特点，即语言方面有亲和性、学习过程有成就感、学习内容有实用性、教学方法有启发性。

(1) 该书逻辑清晰、语言表达准确、内容详细、例题丰富，对于任何不易理解的知识点都有详细的解释说明和例题演示，语言朴实，如老师在身边辅导，循循善诱、娓娓道来，很有亲和力。

(2) 作者对该书内容进行了合理的组织安排，从最基本的常识讲起，内容逐渐加深，难度适中，容易理解，没有跳跃式的难度变化，全书读下来感觉有如攀爬一个连续而又缓慢的上坡，不知不觉中已经上升了一定高度，令人有成就感，增强信心。

(3) 本书是作者几十年理论研究和实践经验的总结，书中所讨论内容，包括所有理论、例题和习题均紧密结合实际，具有很强的实用性，使读者在阅读过程中会产生强烈的动手实践的冲动，能充分激励读者学习和研究的兴趣。

(4) 本书在内容讲解方面注意引导读者怎样思考，每章还列出了重要思考题，这些题并没有给出确定的答案，能引导和启发学生的思维方式。

总之，本书叙述由浅入深、由简到繁、内容丰富、联系实际、论证严谨、系统性强，强调理论、实践、应用和经验紧密结合，是一本完全不同于国内同类教材风格的优秀教材。

本书由北京电子科技学院电子信息工程系的教师周玉坤（前言、第14章~第16章、附录）、靳济方（第1章~第5章）、赵成（第6章~第9章）、冼立勤（第10章~第13章）翻译，全书由周玉坤审校和统稿。由于译者水平有限，译文中难免有不妥之处，欢迎读者批评指正。

译者

2013年10月

于北京电子科技学院

序 言

本书采用的教学原理和以前版本所用的相同,假设读者对电工理论和原理仅有非常有限的知识或一点也不懂,掌握该书的内容有助于想获得初级工作的学生学到电学知识,也会为进一步学习电工学和电子学的学生提供知识和技能储备。

本书写作目的是想让那些数学知识有限、阅读能力有限的读者能透彻理解电工学和电子器件,通过使用简短的语句将概念解释清楚,避免使用长句、复合句和绕来绕去的句子,也从不认为事情凭直觉就能轻易理解。

对于任何超出简单算术运算的数学问题,在求解电路问题之前都会通过例子进行详细解释和演示。虽然在第6章中引入了方程组、矩阵和行列式,但是在使用之前还是对其进行了详细的定义和解释。同样,交流电路中所用的三角函数分解在使用前也进行了充分的解释和演示。

第1章至第6章介绍了直流电路基础,第8章至第13章是交流电路涉及的一些问题,这样的安排能使读者对基本概念有个全面的了解,从直流电路到磁场和电磁场,再到交流电路,教学内容按照这个顺序安排更加合理,能将所有材料有机地整合在一起,对电工学的各学科领域提供了统一的介绍。

本版各章的变化

第1章 扩展了“效率”一段,增加了关于氖灯和LED灯的相关资料;增加了一个测试完整系统效率的实例(如电池和灯泡电路),本章末尾的新自测题11和答案放在了系统效率问题求解的后面;增加了自测题和本章复习题及习题。

第2章 修改了“真空中的电流”一节结论的段落,强调基于热粒子辐射和真空中的电流工作的器件大部分已经被LCD和固态器件取代;增加了一段关于讨论公式中的符号(缩写)什么时候用斜体的问题;增加了更多展示如何使用 $\times 10^n$ 的例子,例2.9展示了如何表示一个小于1的数,例2.10展示了如何进行加减除的运算。对新增两个例子的求解过程进行更多的练习,增加了自测题59及其答案;增加了新的自测题和本章复习题及习题;增加了本章总结和复习。

第3章 修改了关于电路要素的章节;澄清了关于功率计算的问题;增加了更多本章的复习题和习题。

第4章 增加了自测题和章复习题;增加了关于测试密封铅酸电池的内容;增加了燃料电池一节;增加了有关LED的内容;增加了有关开关额定值的例子。

第5章 增加了新的实例,包括:(1)求解含有一个可变电阻的串联电路;(2)确定电池的内阻;(3)确定并联电路中的电流;(4)确定带负载的齐纳二极管调节电路的电流。扩展了有关电流估算中的拇指法则的内容。增加了有关分流公式优点的内容。增加了本章复习题。在第5章的自测题中增加了问答题和习题。

第6章 增加了一个新例题,演示联立方程和回路方程的使用。

第7章 增加了一幅新图,展示了惰性气体保护电焊机电缆附近的磁通状况,电缆上的电流为60~120 A。用一幅新图片代替了三个图形,更好地展示各种条件下磁通的形式。增加了一个实例,展示如何计算相对磁导率。增加了更多的章复习题。

第8章 在三相交流电一节中,增加了一些新的例题。增加了更多的章复习题。

第9章 增加了更多的章复习题。

第10章 扩展了本章的概述，概述中包含了大量 pF 级电容的使用。为强调 C 、 V 和 Q 的关系以及 RC 电路时间常数，增加了几个这方面的例题。

第11章 增加了一个计算电感器电感的例题。扩展了关于电感器类型一节。在相关方程式中增加了电感方程。增加了更多的章复习题。

第12章 增加了一些关于如何计算耦合系数、互感和变压器额定参数的例题。扩展了关于变压器并联绕组的讨论。在相关方程中增加了一些方程。增加了更多的章复习题。

第13章 增加了对例 13.5 的讨论，展示了计算 $\cos \theta$ 的其他方法。增加了一个例题，展示了如何处理串联谐振电路的 Z 和 BW 。增加了更多的章复习题。

第14章 增加了一些新的关于求解电动机温度额定值及其电缆电阻的例题。扩展了关于单相电动机和三相电动机反转问题的讨论。增加了 7 道新的章复习题。

第15章 扩展了对 DMM 测量电流的原理的解释。增加了一个计算仪表转动部件额定参数的例题。扩展了关于交直流电压表敏感度的讨论。增加了更多的章复习题。

第16章 再次强调了零线的颜色和正确使用。增加了一个例题，展示了短路时每个电感中的电流。扩展了关于 AFCI 防护的讨论。

附录 K 添加了一个新附录，讨论了可再生资源。

新的 Multisim-11 文件已经编写完成并添加到各章中，文件放在配套的 CD-ROM 中^①。

其他资源

专为本书设计的实验手册已经出版，手册中包含有综合实验、各种练习和实验、教材中每章的额外习题。一些实验必须用实际的物理器件来做，一些必须用电子电路仿真软件来做，一些必须两者相结合来做。对于那些只能用仿真软件做的实验，提供了相关的 Multisim 文件，这些文件和 Multisim 初级教程一起放在配套的 CD-ROM 中，初级教程会告诉读者如何使用和运行程序。

光盘中提供了教材中许多电路的仿真文件，按章排列，易于参考。

在线学习中心 (OLC) 网站 (学生中心) 提供有额外的复习题、至行业网站的链接、工作安排以及测验等，学生在 OLC 上将会看到解题程序，该程序没有拷贝任何典型的仿真程序，有助于读者根据自己设计的电路，选择正确的元件参数，最终得到想要的结果。

OLC 的教师中心提供了各种备选资料，包括：教师手册，包括实验所需元器件的列表、每章的学习目的、每章习题答案、对 7 个项目的详细指导等。12 个仿真仪器实验。教材中每章内容的教师 PPT。带有测验题库的自动组卷软件。

作者简介

Richard J. Fowler 在美国空军 (USAF) 工作了 4 年，负责测试、维修和维护无线电及导航设备。他讲授电工学和电子学长达 30 年，其中在公立高中工作一年，在三所大学工作 29 年。1965 年毕业于得克萨斯农工大学，获得教育学博士学位，出版了两本教材、两本实验手册。

^① 原书配有光盘 1 张，内容包含教材和实验手册中几乎所有电路的 Multisim 仿真文件，按章编排，易于参考。为节省成本，光盘内容请读者到华信教育资源网 (www.hxedu.com.cn) 上下载。——编者注

致 谢

如果没有许多人的帮助、支持和鼓励,本书就不会出版。在此对我的妻子 Arla 致以深深的谢意,谢谢她对本书初稿到第 8 版的录入和校对工作。感谢编辑、项目经理和出版社的所有团队成员,感谢他们为出版本书所做的熟练而又细致的工作。最后感谢审阅过本书草稿并提出观点、建议和批评的所有专家,他们是:

James Rueckert	<i>Redstone College</i>
Edward S Abrasley, Jr	<i>Chattahoochee Technical College</i>
Ahmad Hemami	<i>Iowa Lakes Community College</i>
Richard Fornes	<i>Johnson College</i>
Jonathan White	<i>Harding University</i>
Kenneth Markowitz	<i>New York City College of Technology</i>
Kevin Maki	<i>Fond du Lac Tribal and Community College</i>
Steven Hintz	<i>Wisconsin Indianhead Technical College</i>
JC Morrow	<i>Hopkinsville Community College</i>
Marvin Moak	<i>Hinds Community College</i>
Kenneth P. De Lucca	<i>Millersville University of Pennsylvania</i>
Randy Owens	<i>Henderson Community College</i>
Erica Matthew	<i>Florida Career College</i>
Patrick J. Klette	<i>Kankakee Community College</i>
James Antonakos	<i>Broome Community College</i>
Fred M. Cope	<i>Northeast State Technical Community College</i>
James Fischer	<i>San Joaquin Valley College</i>
Gwen Oster	<i>Northwest Technical College</i>
Jeffrey A. Clade	<i>York Technical College</i>
Ed Margraff	<i>Marion Technical College</i>
Stuart Hilton	<i>ITT</i>
Chrys Panayiotou	<i>Indian River State College</i>
Wade Wittmus	<i>Lakeshore Technical College</i>
Bill Hessmiller	技术编辑
Patrick Hoppe	MultiSim Primer 11.0 的作者

预 览

本书的写作目的是为该学科提供简明且实用的介绍，因为教材具有易读、插图清晰、解释清楚及数学问题简单等特点，因此对于那些想了解必要电工知识并将其应用到和实际工作相关场合的读者来说，是一本理想的教材。

对学生来说，书中的图片和图形使文献生动有趣，我认为它的激励作用更加重要，能促使学生主动学习。另外，内容本身是最重要的，该书恰好是写给我最关注年级的学生的，因为内容正确，编排合理，所以我才选择了这本教材，总之该书提供了所需的一切。

——Kenneth P. De Lucca，宾夕法尼亚米勒斯威尔大学

学习要点

每章都从“学习要点”开始，给出本章的学习目标。目前目标已明确地和各节进行了链接。

例题

书中含有大量精心安排的例题，强调了用系统、规范的步骤解题。在求解准确的答案之前，学生应该对问题进行大概估计，这样就能找到常被忽略的数学上的错误。

自测题和自测题答案

自测题能巩固和强化读者所学的知识，能帮助读者明确哪些内容还需要进一步学习，还能通过每章末尾的自测题答案来验证自己解题的正确性。

电子学知识和电子学历史

电子学知识和电子学历史这部分内容为主题增加了历史层面的信息，强调了一些新的、令人感兴趣的科学技术和常识。

回顾

回顾模块将当前页中的内容和教材中以前介绍的概念联系起来。

总结和复习

在每章末尾有一个总结和复习模块，在该模块中复习了一些重要知识和原理。

相关公式和每章复习题

每章末尾有一个相关公式模块，在该模块中总结并列出了所有重要的相关公式。每章末尾也有章复习题、习题和重要思考题。

安全事项

电气和电子电路有可能是危险的，为防止电击、火灾、爆炸、机械损伤和使用工具误操作导致的伤害，有必要进行安全防护实习。

可能最大的危险就是触电，流过人体的电流超过 10 mA 就会导致受害者瘫痪，无法自己脱离带电导体或元件。10 mA 是非常小的电流，仅是 1 A 的 1%，而普通手电筒提供的电流都是它的 40 倍。

手电筒的电池对手来说是安全的，因为人类皮肤的电阻很大，使得流过的电流很小。例如，触摸一个 1.5 V 普通电池产生的电流是微安级(1 μ A 是 1 A 的百万分之一)，这个量级的电流太小，不值得关注。

但是高电压能产生足够大的电流穿过皮肤而发生触电。如果电流达到或超过 100 mA，电击就可能是致命的。因此，电击的危害程度随电压增加，那些和高电压打交道的人必须要进行适当的训练，且防护装备得当。

当皮肤潮湿或被割破时，对电流的阻碍作用会显著降低。这样，即使是中等的电压也会引起强烈的电击，有经验的电工知道这一点，也知道所谓的低压设备也可能含有高压段。换句话说，就是在工作过程中他们不会采用两种工作方案分别对待高压电路和低压电路，他们会时刻按照安全操作规程进行操作，不会假设防护设备处于工作状态，即使开关处在 OFF 位置，也不会认为电路是断开的，因为知道开关不可能是完美的。

如汽车电子系统，尽管是低电压、大电流系统，但也可能是十分危险的，用戒指或者金属表带将这种系统短路也能引起剧烈的燃烧，尤其是当戒指或表带粘连到短路点的时候。

随着知识的积累和经历的增加，会学到很多处理电气和电子电路的具体安全规程，同时要做到：

1. 永远遵守推荐的安全规程。
2. 尽可能经常使用服务手册，其中通常含有具体的安全信息，阅读并按照数据手册提供的所有安全资料进行操作。
3. 实施之前仔细研究。
4. 如果有疑问，首先要询问指导教师或管理人员，清楚后再实施。

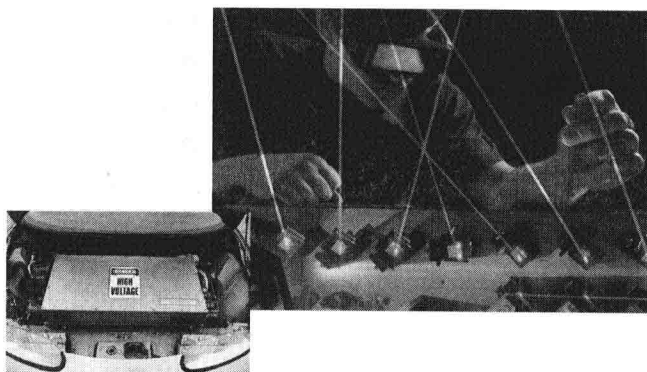
电气电子通用安全规程

安全训练能保护你和你的同事。学习一下规程，如果有不理解的地方，就和其他人讨论、询问指导教师。

1. 疲倦或吃了使人犯困的药的时候不要工作。
2. 不要在灯光昏暗处工作。
3. 不要穿湿的鞋子、湿的衣服和在潮湿环境下工作。
4. 使用经过认证的工具、装备和有防护的设备。
5. 在裸露的电子电路环境中工作时，避免戴戒指、手镯和小的金属物件。
6. 永远不要指望电路是断开的，要用可靠的、工作正常的仪器仔细检查。
7. 永远按照停工/挂牌的步骤，也就是锁定电源为 OFF 并挂牌，如果没办法这么做，那么就用两人同行制的办法保证在技术人员工作的时候电源不能合闸。
8. 永远不能毁坏或忽略联锁装置(当门打开或控制面板被拆掉时，能自动切断电源的一种开关)等安防设备。

9. 保证工具和测试仪器干净整洁并处于良好的工作状态，一旦发现有磨损征兆就更换绝缘探针和铅封。
10. 一些设备如电容器能存储致命电荷，这些电荷可能存储了很长时间，在其附近工作时，必须确保这些设备已经放电。
11. 不要拆掉接地线，不使用没有良好接地的改装设备。
12. 只使用有审批手续的电子电气设备灭火器。水能导电并可能严重损坏设备，优先选择二氧化碳灭火器和卤代烷灭火器，某些场合也需要泡沫灭火器。根据对不同类型火灾的灭火效果的不同，商用灭火器分为不同的等级。只使用那些等级与工作环境相适应的灭火器。
13. 在使用溶剂和其他化学试剂时，一定要按照指导书操作，它们也许是有毒的或可燃的，或者能损坏塑料等材料。时刻记住要认真阅读并按照对应材料的数据手册进行操作。
14. 一些电子设备中使用的材料是有毒的，如钽电容和铍氧化物晶体管等，不要研磨或粉碎这些设备，即使是必须处理这些设备，也应该在处理彻底洗手。其他一些材料(例如热缩套管)在过热的情况下会产生烟雾，时刻记住要认真阅读并按照对应材料的数据手册进行操作。
15. 一些电路元件会影响装备和系统的安全性能，只使用严格挑选的和有资质的替代元件。
16. 在处理大体积的设备(例如电视机显像管和阴极射线管)时，要带好防护服和安全镜。
17. 在不知道正确的操作流程和潜在的安全威胁时，不要在设备上工作。MSDS(重要安全数据手册)是随许多产品附带的文档，通常提供了与产品相关的危险警告。
18. 由于匆忙和疏忽导致事故发生时，要争取必要的时间以便保护自己和他人，实验室和商场严格禁止奔跑、打闹和恶作剧。

电路和设备必须得到重视，学会其工作原理和操作方式，始终践行安全规则，这是健康和生命的保障。



电工具备专门的安全知识

目 录

第1章 基本概念	1	2.22 效率	26
1.1 功和能量	1	2.23 10 的整数次幂	27
1.2 能量的单位	1	2.24 倍数和因数单位	29
1.3 能量转换	2	2.25 特殊的单位和变换	31
1.4 效率	3	第2章总结和复习	31
1.5 物质的结构	5	第3章 基本电路、定律及测量	36
1.6 电荷	6	3.1 基本电路	36
1.7 价电子	7	3.2 电路符号和图	37
1.8 自由电子	7	3.3 电学变量的计算	38
1.9 离子	7	3.4 电量的测量	43
1.10 静电荷和静电	8	第3章总结和复习	49
1.11 静电放电	9	第4章 电路元件	53
1.12 静电的利用	10	4.1 蓄电池和电池	53
第1章总结和复习	10	4.2 铅酸电池	55
第2章 电学变量及单位	14	4.3 镍镉电池	58
2.1 电荷	14	4.4 碳锌和氯化锌电池	59
2.2 电荷的单位	15	4.5 碱性二氧化锰电池	60
2.3 电流和载流子	15	4.6 氧化汞电池	60
2.4 固体中的电流	15	4.7 氧化银电池	61
2.5 液体和气体内的电流	16	4.8 锂电池	61
2.6 真空中的电流	18	4.9 燃料电池	61
2.7 电荷单位——安培	18	4.10 迷你灯泡和 LED 灯	62
2.8 电压	19	4.11 电阻	66
2.9 电压单位——伏特	21	4.12 开关	72
2.10 极性	21	4.13 电线和电缆	74
2.11 电压源	21	4.14 保险丝和断路器	77
2.12 电阻	22	4.15 其他元件	80
2.13 导体	23	第4章总结和复习	81
2.14 绝缘体	23	第5章 多负载电路	86
2.15 半导体	23	5.1 下标	86
2.16 电阻的单位——欧姆	23	5.2 多负载电路的功率	86
2.17 温度系数	24	5.3 串联电路	87
2.18 电阻率	24	5.4 最大传输功率	93
2.19 电阻器	25	5.5 并联电路	94
2.20 功率和能量	25	5.6 电导	101
2.21 功率的单位	26		

5.7 混联电路	103	8.5 正弦波	185
5.8 分压器和稳压器	107	8.6 交流发电机	188
第5章总结和复习	110	8.7 交流电的优点	190
第6章 复杂电路的分析	114	8.8 三相交流电	191
6.1 联立方程	114	第8章总结和复习	198
6.2 回路方程法	121	第9章 交流电路的功率	202
6.3 节点电压法	132	9.1 交流电阻电路中的功率	202
6.4 叠加定理	137	9.2 非同相电路的功率	203
6.5 电压源	141	9.3 有效功率和视在功率	209
6.6 戴维南定理	142	9.4 功率因数	211
6.7 电流源	147	9.5 三相电路中的功率	212
6.8 诺顿定理	149	第9章总结和复习	213
6.9 各类方法的比较	151	第10章 电容	217
第6章总结和复习	152	10.1 术语	217
第7章 磁学和电磁学	156	10.2 电容器的基本功能	218
7.1 磁和磁铁	156	10.3 额定电压	219
7.2 磁场、磁通和磁极	156	10.4 电容的单位	219
7.3 电磁学	159	10.5 求电容值	220
7.4 磁性材料	161	10.6 电容器的类型	222
7.5 磁性材料的磁化	162	10.7 原理图符号	227
7.6 磁动势	163	10.8 直流电路中的电容器	227
7.7 磁饱和	164	10.9 交流电路中的电容器	230
7.8 消磁	164	10.10 电容器的串联	235
7.9 剩磁	165	10.11 电容器的并联	236
7.10 磁阻	165	10.12 检测故障电容器	238
7.11 磁屏蔽	166	10.13 不希望有的电容或杂散电容	239
7.12 感应电压	167	10.14 电容器规格	239
7.13 磁量和单位	168	10.15 电容器的用途	239
7.14 电磁	172	第10章总结和复习	241
7.15 直流电动机	173	第11章 电感	246
7.16 螺线管	174	11.1 电感的特点	246
7.17 继电器	174	11.2 电感的单位——亨利	248
7.18 霍尔效应设备	175	11.3 决定电感的因素	249
第7章总结和复习	176	11.4 电感器的种类	250
第8章 交流电流和电压	180	11.5 电感器的参数	253
8.1 交流电的相关概念	180	11.6 直流电路中的电感器	254
8.2 波形图	180	11.7 交流电路中的理想电感器	255
8.3 交流波形图的种类	181	11.8 交流电路中的实际电感器	258
8.4 交流电的量化	182	11.9 电感器的并联	259

11.10 电感器的串联	261	15.5 仪表负载效应	362
11.11 电感器的时间常数	262	15.6 模拟欧姆表	364
11.12 防止互感	263	15.7 绝缘测试器	365
11.13 不希望有的电感	263	15.8 惠斯通电桥	365
第 11 章总结和复习	264	15.9 瓦特计	366
第 12 章 变压器	268	15.10 频率计	369
12.1 变压器原理	268	15.11 阻抗的测量	369
12.2 变压器的效率	273	15.12 电容和电感的测量	370
12.3 加载和空载变压器	276	第 15 章总结和复习	372
12.4 变压器的心	278	第 16 章 住宅布线概念	377
12.5 变压器的类型	278	16.1 电气法规	377
12.6 阻抗匹配	280	16.2 电力分配	377
12.7 变压器的额定值	282	16.3 引入线	379
12.8 串联和并联绕组	283	16.4 电缆和导线	380
12.9 偏离中心抽头的绕组	285	16.5 240 V 支路	381
12.10 三相变压器	285	16.6 120 V 支路	382
第 12 章总结和复习	289	16.7 开关控制的插座引线盒	385
第 13 章 R 、 C 和 L 电路	294	16.8 复联开关	385
13.1 阻抗	294	16.9 发光手柄开关	388
13.2 相量相加	294	16.10 电路断续器	389
13.3 求解 RC 电路	296	16.11 馈电线路	393
13.4 求解 RL 电路	302	16.12 低压控制电路	394
13.5 求解 RCL 电路	305	16.13 电子控制电路	397
13.6 谐振	308	第 16 章总结和复习	398
13.7 滤波器	315	附录 A 常用工具	402
第 13 章总结和复习	317	附录 B 焊接及焊接工艺	409
第 14 章 电动机	322	附录 C 公式和变换	414
14.1 电动机的分类	322	附录 D 铜线表	418
14.2 电动机的额定值	323	附录 E 金属和合金的电阻率	419
14.3 电动机外壳	328	附录 F 电阻温度系数	420
14.4 鼠笼式电动机	329	附录 G 三角函数表	421
14.5 同步电动机	341	附录 H 电容的编码和色码	422
14.6 其他类型的电动机	342	附录 I 示波器	425
第 14 章总结和复习	347	附录 J 克拉默法则基础	428
第 15 章 仪器和测量	353	附录 K 能源再生及其技术	429
15.1 数字万用表	353		
15.2 仪表的测量机构	354		
15.3 模拟电流表	357		
15.4 模拟伏特计	360		

第1章 基本概念

学习要点

- 1.1 区别功和能量。
- 1.2 应用基本单位来定义和计算功与能量。
- 1.3 理解能量转换。
- 1.4 理解和计算能量转换的效率。
- 1.5 解释原子微粒的特征。
- 1.6 解释电荷的性质。
- 1.7 定义价电子。
- 1.8 定义自由电子。
- 1.9 说明为什么一些离子带正电，而其他离子带负电。
- 1.10 理解静电产生的原因和特征。
- 1.11 说明引起静电放电的原因。
- 1.12 说明静电电荷和静电的几个工业应用。

电是能量的一种形式，之所以研究电，最初是由于人们想知道如何控制电能。恰当地控制电，可以为社会发展做很多贡献。但不能控制的电能，比如闪电，可能是非常有害的。

电能已经作为日常生活的一部分。若没有电，我们的生活将会完全不同，会更加困难。电能可照亮家和工厂，运行计算机、收音机、手机和电视，运转时钟、洗衣机、烘干机、吸尘器中的电动机等。很难想象家里没有电会是什么样子。

大多数电能及我们所依赖的其他形式的能源是由石油和煤产生的，都属于不可再生能源，而且当它们被转换成其他形式的能源时，会严重破坏环境。可再生能源和系统的常见形式，请参阅附录 K。

1.1 功 和 能 量

能量和功是密切相关的两个术语，尽管缩写符号和单位都一样，但它们是不可互换的两个术语，都有各自的定义，并分别用于不同的形式。

功的定义为力与位移距离的乘积。能量是要做功的能力或容量。换句话说，需要消耗能量来做功。例如，把小船从水里拖到岸上来需要能量，要做功才能把小船从水里拖上来。

把船从水里拖上来所需要的能量来自人的身体，需要克服船在沙子上的摩擦力。当船从水里拉起时还需要克服地球的引力。当船被拖上岸时，由所需的力形成的功来拖动船移动一段距离。

功或能量的符号(或缩写)都是 W 。功和能量采用同一个符号是因为二者密切相关。但这两个概念一定不能互相混淆。能量与功是互相独立的；无论做不做功，能量都存在，但做功需要能量。

1.2 能量的单位

术语“基本单位”是用于表明事物的量。焦耳是能量和功的基本单位。焦耳的符号是 J ，用焦耳表示能量与用磅表示黄油或用美元表示钱一样。所有这些都是表示数量的基本单位。基本单位是很重要的，因为几乎电的所有关系都用基本单位来表示。

一焦耳的能量(或功)与每天所用的能量相比是非常小的。比如,电烤箱需要 100000 J 的能量来烤两片面包,小台灯(100 W)点亮一个小时需要 360000 J。

机械系统所包含的功和能量(比如拖一艘船)可以由下面的关系式来定义:

$$\text{功} = \text{力} \times \text{距离} \quad (1.1)$$

在公制单位中,力的基本单位是牛顿(N),距离的基本单位是米(m),功(能量)的基本单位是焦耳。焦耳等于牛·米,对于机械能来说,表示起来很方便。

例 1.1 使用 150 N 的恒定力拖一艘船并移动了 8 m,所做的功是多大?

给定: 力 = 150 N, 距离 = 8 m; 求: 功。

已知: $\text{功} = \text{力} \times \text{距离}, 1 \text{ N}\cdot\text{m} = 1 \text{ J}$

解: $\text{功} = 150 \text{ N} \times 8 \text{ m} = 1200 \text{ N}\cdot\text{m} = 1200 \text{ J}$

答: 功 = 1200 焦耳, 即 $W = 1200 \text{ J}$ 。

注意上面例子的解题过程。首先,题目给的信息(数值)要列出来。其次,要求的信息要写出。最后,写出二者的关系(公式)。对于简单的问题,这种正规过程可能看似不必要,但若养成了采用这种正规过程的习惯,则求解更杂问题时会变得容易一些。

在例 1.1 中,我们发现拖动船只所做的功是 1200 J。要移动船只所需要的能量也是 1200 J。功和能量有相同的基本单位,它们基本上是同一回事。功利用能量来完成一些任务。例如,汽车的蓄电池中存储了能量。当启动汽车发动机时,来自于电池的能量用于转动发动机做功。做功和所用的能量是所说的同一件事情的两种方式。

例 1.2 把物体从 A 点移到 B 点需要 500 J 的能量和 100 N 的力。求 A 点到 B 点之间的距离。

给定: 能量 = 500 J, 力 = 100 N; 求: 距离。

已知: $W = \text{力} \times \text{距离}$, 整理后得 $\text{距离} = W / \text{力}, 1 \text{ N}\cdot\text{m} = 1 \text{ J}$

解: $\text{距离} = 500 \text{ N}\cdot\text{m} / 100 \text{ N} = 5 \text{ m}$

答: 距离为 5 m。

到目前为止,功或能量的数量计算仅限于机械方面的例子。一旦学习了诸如电压、电流、功率这样的术语,就可以求解关于电能方面的问题。

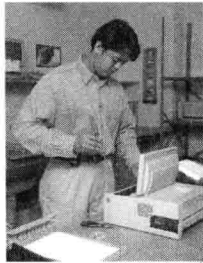
自测题

1. 定义功和能量。
2. 什么是基本单位?
3. 能量的基本单位是什么?
4. 以恒定的 360 N 的力把汽车推动 120 m,需要多大的能量?

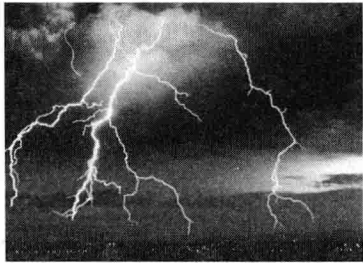
1.3 能量转换

经典物理学基本定律之一表明,在正常情况下,能量既不能被创造也不能被消灭。宇宙中的能量以各种形式存在着,如热能、光能和电能。当说到“用”电时,不表示破坏电能或使电能消失,而表示已把电能转换成一种更有用的能量形式。例如,打开电灯时,电能被转换成光能和热能。使用电能的意思是它不再以电能的形式存在,但并没有把能量用尽。它仍以热能和光能的形式存在。

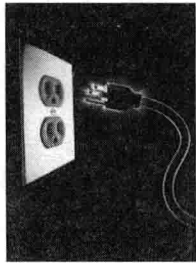
电学所研究的就是探究如何把能量从一种形式转换成另一种形式。电能本身也是通过把一种形式的能量转换成电能而获得的。电池把化学能转换成电能，太阳能电池把光能转换成电能，发电机把机械(转动)能转换成电能。



技术人员正在检查一台传真机



闪电——不可控电能的例子

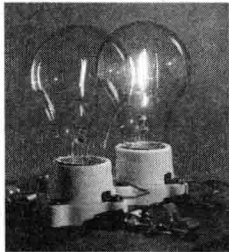
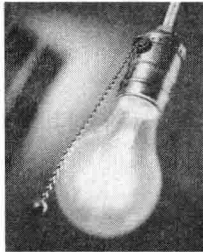


电能被转换后用于家庭使用

很少把能量以电能的形式直接使用，然而电能的形态是我们想要的，因为它可以很容易地从地方传到另一个地方。距你家几千米外的发电厂产生的电能可以很容易地从电厂传输到你的家里，一旦电能送到家里，它就可以转换成更有用的形式。

我们已经知道电灯把电能转换成光能和热能。另一个我们熟悉的转换电能的物体是电炉，它把电能转换成热能。电动机把电能转换成机械(转动)能也是很常见的转换。

尽管过程很复杂，但是收音机可以把电能转换成声能：很少量的电能来自空中的电信号，其余的电能都来自电池或电源插座。声能从扬声器发出来。类似的形式还有，电视把电能转换成声能和光能。



电能转换成光能和热能

1.4 效 率

转换过程的效率不可能为100%。换句话说，设备或系统上的所有能量并不能都转换成需要的能量形式。如果一个白炽灯泡消耗的电能是1000 J，那么只产生大约200 J的光能，其他800 J的电能都转换成热能了。可以说，白炽灯的效率是很低的，氖灯把电能转换成光能的效率是白炽灯的3倍。发光二极管(LED)比氖灯的效率还高，大约是白炽灯效率的10倍。随着对节能的关注，这里推荐这些器件来取代白炽灯。

系统的效率通常用百分比来表示，公式为

$$\text{效率百分比} = \frac{\text{输出的有用能量}}{\text{总输入能量}} \times 100 \quad (1.2)$$

效率百分比的缩写是% eff.。能量用 W 表示，因此有

$$\% \text{ eff.} = \frac{W_{\text{out}}}{W_{\text{in}}} \times 100 \quad (1.3)$$

下面来求一下前面提到的白炽灯的效率。

例 1.3 一个白炽灯的电能是 1000 J, 如果产生了大约 200 J 的光能, 那么其效率是多少?

给定: 输入能量 = 1000 J, 输出能量 = 200 J; 求: 效率百分比。

已知:
$$\% \text{ eff.} = \frac{W_{\text{out}}}{W_{\text{in}}} \times 100$$

解:
$$\% \text{ eff.} = \frac{200 \text{ J}}{1000 \text{ J}} \times 100 = 0.2 \times 100 = 20$$

答: 效率为 20%。

注意效率公式的分子和分母的基本单位都是焦耳。因此基本单位可以约掉, 最终结果是个纯数字(没有单位)。我们可以这样读结果, “灯泡的效率是 20%”。

例 1.4 效率为 25% 的灯泡产生 460 J 的光能, 问需要多大的能量?

给定: $\% \text{ eff.} = 25$, 输出能量 = 460 J; 求: 输入能量。

已知:
$$\% \text{ eff.} = \frac{W_{\text{out}}}{W_{\text{in}}} \times 100, \text{ 整理后得 } W_{\text{in}} = \frac{W_{\text{out}}}{\% \text{ eff.}} \times 100$$

解:
$$W_{\text{in}} = \frac{460 \text{ J}}{25} \times 100 = 18.4 \text{ J} \times 100 = 1840 \text{ J}$$

答: 输入能量为 1840 J。

并非所有电气设备的效率都像白炽灯这么低。比如洗衣机、烘干机和电冰箱中的电动机的效率可达 50%~75%, 这意味着 50%~75% 的电能被电动机转换成了机械(转动)能, 其他 25%~50% 的电能转换成了热能。

至此, 已经举例说明了电能转换成所需能量的效率。当然, 我们对其他形式的能量转换成电能的效率也感兴趣。

例 1.5 驱动发电机的 7000 J 的机械能转换成 5000 J 的电能, 其效率是多少?

给定: 输入能量 = 7000 J, 输出能量 = 5000 J; 求: 效率百分比。

已知:
$$\% \text{ eff.} = \frac{W_{\text{out}}}{W_{\text{in}}} \times 100$$

解:
$$\% \text{ eff.} = \frac{5000 \text{ J}}{7000 \text{ J}} \times 100 = 0.714 \times 100 = 71.4$$

答: 效率为 71.4%。

有时, 我们还想知道系统中的一个设备(如电池)把某种形式的能转换成电能, 而另一个设备(如灯泡)又把电能转换成其他形式的能时, 系统的效率是多少。

例 1.6 电池把 820 J 的化学能转换成灯泡的 150 J 光能, 问系统的效率百分比是多少?

给定: W_{in} (被电池转换的化学能) = 820 J, W_{out} (灯泡的光能) = 150 J; 求: 效率百分比。

已知:
$$\% \text{ eff.} = \frac{W_{\text{out}}}{W_{\text{in}}} \times 100$$

解:
$$\% \text{ eff.} = \frac{150 \text{ J}}{820 \text{ J}} \times 100 = 18.3$$

答: 效率为 18.3%。