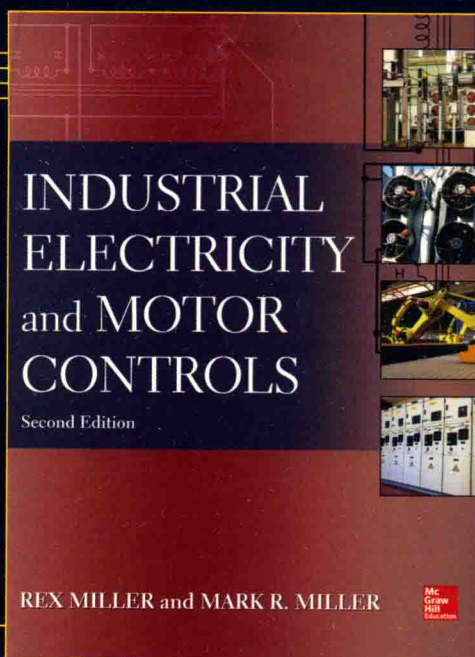


工业电器 与电动机控制

(原书第2版)

[美] 雷克斯·米勒 (Rex Miller) 著
马克 R. 米勒 (Mark R. Miller) 著
路志英 译

*Industrial Electricity
and Motor Controls
Second Edition*



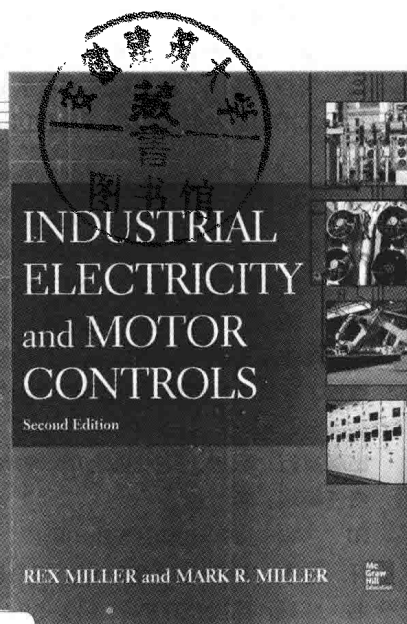
机械工业出版社
China Machine Press

工业电器 与电动机控制

(原书第2版)

雷克斯·米勒 (Rex Miller) 著
[美] 马克 R. 米勒 (Mark R. Miller) 著
路志英 译

*Industrial Electricity
and Motor Controls
Second Edition*



机械工业出版社
China Machine Press

图书在版编目 (CIP) 数据

工业电器与电动机控制 (原书第2版) / (美) 雷克斯·米勒 (Rex Miller), (美) 马克 R. 米勒 (Mark R. Miller) 著; 路志英译. —北京: 机械工业出版社, 2017.8
(国外工业控制与智能制造丛书)

书名原文: Industrial Electricity and Motor Controls, Second Edition

ISBN 978-7-111-58490-2

I. 工… II. ①雷… ②马… ③路… III. 电器控制系统 IV. TM571.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 283682 号

本书版权登记号: 图字 01-2014-4755

Rex Miller, Mark R. Miller: Industrial Electricity and Motor Controls, Second Edition (978-0-07-181869-8).

Copyright © 2014, 2008 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 and China Machine Press. This edition is authorized for sale in the People's Republic of China only, excluding Hong Kong, Macao SAR and Taiwan.

Copyright © 2018 by McGraw-Hill Education and China Machine Press.

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)教育出版公司和机械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、澳门特别行政区及台湾地区)销售。

版权 © 2017 由麦格劳-希尔(亚洲)教育出版公司与机械工业出版社所有。

本书封面贴有 McGraw-Hill Education 公司防伪标签, 无标签者不得销售。

工业电器及电动机控制作为电气自动化的一个重要内容, 已经被广泛应用于各个行业。本书系统地讲述了各种基础电路的工作原理以及面向工业应用的常用电路, 总结了电路常见故障, 为提高读者的实践技能和解决工作中的实际问题提供了有益的参考。

本书结合生产实际, 介绍了如下内容: 常用元器件符号, 控制电路原理图和接线图, 电气开关、继电器、电磁阀、电动机、定时器、传感器、固态起动器等工作原理及控制和故障排查方法。

本书通俗易懂、图文并茂、内容充实, 辅以应用实例和实际经验, 并引用了大量实用、准确的技术数据, 可供电气维修人员阅读, 也可作为工科院校相关专业学生的参考用书。

出版发行: 机械工业出版社 (北京市西城区百万庄大街 22 号 邮政编码: 100037)

责任编辑: 蒋 越

责任校对: 殷 虹

印 刷: 中国电影出版社印刷厂

版 次: 2018 年 1 月第 1 版第 1 次印刷

开 本: 185mm × 260mm 1/16

印 张: 27.5

书 号: ISBN 978-7-111-58490-2

定 价: 99.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

客服热线: (010) 88378991 88361066

投稿热线: (010) 88379604

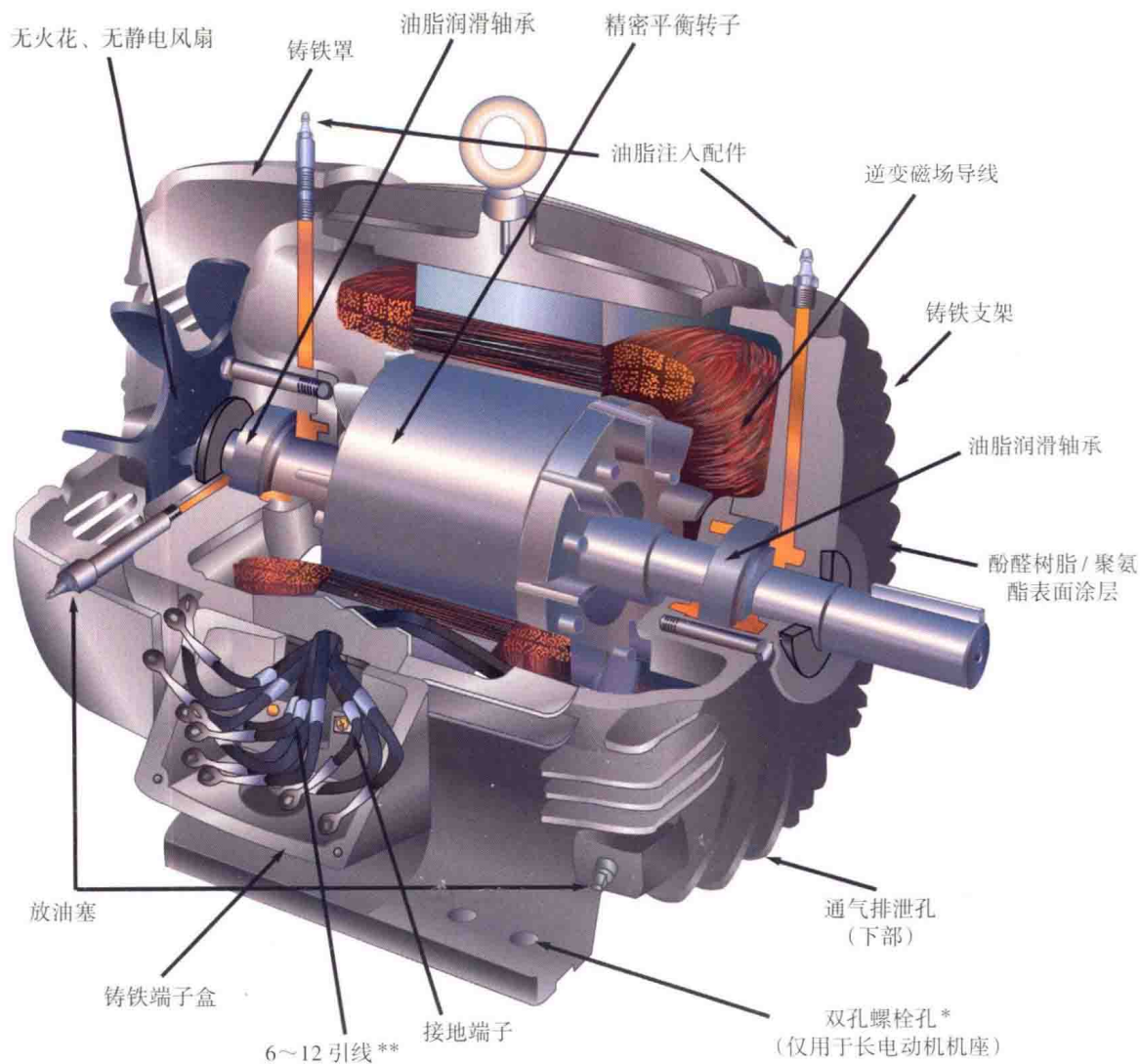
购书热线: (010) 68326294 88379649 68995259

读者信箱: hzjsj@hzbook.com

版权所有·侵权必究

封底无防伪标均为盗版

本书法律顾问: 北京大成律师事务所 韩光 / 邹晓东



- 全封闭扇冷式电机，防护等级为 IP54/IP55 (IP55 用于机座为 5000 或更长的电机)
- 铸铁机座、尾轴承架、风扇罩和端子盒
- * 多种安装结构 (145T/143T 到 449T 机座，采用钻脚孔安装)
- 自动放油配件防止真空除气可重复注油的电机轴承过压
- 280TS 机座，使用 Polyrex EM 润滑油，真空除气可重复注油的滚珠轴承
- 油漆：酚醛树脂防锈基层加聚氨酯表面涂层（颜色：亮灰，蒙塞尔色卡 No.5）
- 280TS 到 6800 机座，两端具有迷宫金属护圈



- 内部组件为 F 级绝缘，两遍 PAR 清漆然后烘烤
- 设计标准：40℃ 环境温度，B 级温升
- 可双向旋转的 1045 碳钢轴（双极电动机为 5000 机座或更大时是非双向的）
- 铝合金压铸鼠笼转子适用于小型电动机（5000 机座或更小），铜或铜合金转子适用于大型电动机（5800 机座或更大）
- 双极电动机的绝缘非驱动轴承端其电机功率为 600hp 或更大



- 不锈钢铭牌
- 电压需求：3 相，60Hz，230/460V (208V 可用)，也有 575V 电动机，非标的为 190/380V，50Hz 电动机
- 150hp 以上的电动机电压只有 460V
- C 法兰底座安装，圆体 C 法兰：1~300hp
- 1.15 倍连续运行因子



- 超大端子盒，完全密封，NPT 标准入口
- 具有变频能力，单防尘盖轴承，接地端子位于接线盒中，变频磁场的导线具备承受 2200V 尖峰电压的能力
- UL 认可的，CSA 批准的，符合 NEMA 标准的变频能力（运行因子 1.0）
- **6 引线（150hp 及以上）
- **9 引线（5hp 及以下）
- **12 引线（7.5~125hp）

译者序

本书是作者根据美国的行业背景编写的一本专业技术参考书，第2版主要内容包括：与安全生产相关的工具与规程；电路基本理论，开关、继电器、螺线管及阀门、定时器与传感器等工业低压电器设备；电动机工作原理与分类，电动机的启动、调速及其可编程逻辑电路；发电机与变压器工作原理与分类；工矿企业配电系统的常用接线、备用电源系统、常用电气系统与设备的故障排除；工业机器人、电气相关的职业与工作内容介绍等。本书与国内类似书籍相比特别注重对基本理念与实际操作의论述，内容通俗易懂，针对性强。译者相信，本书可作为工科院校相关专业学生的理论学习参考用书，也可作为我国电气系统相关技术人员的技术参考书。

本书由路志英翻译，葛少云对部分章节的翻译工作提供了帮助，在翻译过程中得到了课题组研究生徐正阳、朱林伟、赵晗、任一墨和李鑫的大力协助，在此表示由衷的感谢。全书由路志英统稿并最终定稿。

由于译者水平有限，译文中难免有疏漏和不妥之处，敬请读者批评指正。

路志英
2017年10月
天津大学

前言

本书要求读者具有基础电工学、电动机理论与操作的实践知识。当然，本书也提供了相关的基础知识供读者快速复习，在这些知识的基础上还提供了许多维护系统的实践知识。

本书提供了透彻理解电动机控制器及其理论、操作、安装和各种电力系统维护的所有信息，主要用于培训初学者、熟练工以及职业技术学校学生，他们需要较好地掌握专业术语与操作流程。

我们为技术员和初学者提供了术语表，其目的在于帮助他们跟踪相关术语与设备的快速变化。

本书有设备的插图，这些设备长期服务于这个领域，虽然该领域发展迅速，但这些资料对于那些试图追踪电动机控制领域最新发展的使用者是非常有价值的。显然，本书不能解决所有的问题，所以还需要读者在工作岗位上进行许多独创性工作。

如你所知，如果不接触水，那么你就不可能学会游泳。同理，你不可能仅仅通过阅读就能掌握电气控制的所有知识。读者必须具有获得实践经验的愿望，并致力于发展与工作相关的技能。

作者希望本书能够激发那些对这个既令人激动又具有挑战性的领域感兴趣读者的求知欲。

致谢

任何工作都离不开其他人的帮助和影响，本书也不例外。许多人和组织机构为本书无偿提供了大量的技术数据和插图，他们是：

Allen-Bradley, Div. of Rockwell Automation

Amprobe Instruments, Div. of SOS Consolidated, Inc.

Automatic Switch Co.

Banner Engineering Corp.

B&K Instruments

Biddle Instruments

Bodine Electric Co.

Bussman, Div. of Cooper Industries, Inc.

Cutler-Hammer Electric

FANUC Corporation

Honeywell, Inc.

Ideal Industries

Klein

Lincoln Electric Co.

National Association of Fire Equipment

Distributors

Reliance Electric Co.

Simpson Instruments

Square D, Div. of Schneider Electric Co.

Teco-Westinghouse Motor Company

Tecumseh Products Company

Vitec, Inc.

Weston Electrical Instruments Company

雷克斯·米勒

马克 R. 米勒

1.6 思考题	41	3.7 练习题	65
1.7 练习题	41	第4章 控制电路与接线图	66
第2章 安全生产	42	4.1 学习目标	66
2.1 学习目标	42	4.2 接线图	66
2.2 电击	42	4.3 线路图或梯形图	68
2.3 电气安全措施	43	4.4 欠电压释放	69
2.3.1 使用接地故障断路器	43	4.5 双线控制线路	69
2.3.2 安全装置	44	4.6 温控器控制	69
2.3.3 电路保护	44	4.7 欠电压保护	70
2.3.4 过电流	44	4.8 三线控制电路	71
2.3.5 过载	44	4.9 控制线路的过电流保护	73
2.3.6 短路	44	4.10 控制电路中的变压器	74
2.3.7 熔断器	45	4.11 思考题	76
2.4 电气规程	46	4.12 练习题	77
2.4.1 美国国家电气规程	46	第5章 开关	78
2.4.2 美国安全检测实验室	46	5.1 学习目标	78
2.4.3 加拿大标准协会	47	5.2 控制电	78
2.4.4 其他国家的标准	48	5.3 鼓形开关	79
2.5 职业安全与健康法案	48	5.3.1 易于转变	79
2.5.1 设备标准	48	5.3.2 三相开关	79
2.5.2 OSHA 色码	49	5.3.3 直流开关	80
2.6 灭火器	49	5.4 浮动开关	80
2.7 安全操作规程	49	5.5 流量开关	82
2.8 工具安全	52	5.6 脚踏开关	83
2.8.1 正确使用锤子	52	5.7 操纵杆开关	83
2.8.2 工作服	52	5.8 互锁开关	84
2.8.3 断电	53	5.8.1 机械互锁	84
2.8.4 安全使用电动机和发电机	53	5.8.2 按钮互锁	85
2.8.5 接地	54	5.8.3 辅助触点互锁	85
2.9 思考题	56	5.9 限位开关	86
2.10 练习题	56	5.9.1 限位开关的类型	87
第3章 符号	57	5.9.2 限位开关电路	89
3.1 学习目标	57	5.10 压力开关	89
3.2 电气符号	57	5.11 按钮开关	91
3.2.1 常见的开关(按钮)符号	57	5.12 安全开关	91
3.2.2 标准接线图符号	57	5.13 选择开关	92
3.3 电子元器件符号	61	5.14 单刀开关	92
3.3.1 电阻色标	62	5.15 起停开关	92
3.3.2 电子元器件符号的对比	63	5.16 温度开关	93
3.4 继电器触点符号	63	5.17 拨动开关	93
3.5 线路图、接线图和梯形图	64	5.18 晶体管开关	94
3.6 思考题	65	5.19 真空开关	94

5.20 思考题	94	7.7.1 热过载继电器的类型	115
5.21 练习题	94	7.7.2 手动复位易熔合金型过载继电器 (NEMA 标准)	115
第 6 章 磁性与螺线管	96	7.7.3 双金属片过载继电器 (NEMA 标准)	115
6.1 学习目标	96	7.7.4 温度补偿	115
6.2 螺线管	97	7.8 电磁继电器和电动机	118
6.2.1 电磁阀	97	7.9 机电继电器	119
6.2.2 全自动燃气炉电磁阀	98	7.10 继电器的工作特性	120
6.3 电磁阀的构造	98	7.10.1 触点寿命	121
6.3.1 衔铁和铁心中的涡流	99	7.10.2 触点结构	121
6.3.2 气隙和衔铁	99	7.10.3 继电器线圈	121
6.4 短路环	99	7.10.4 冲击与振动	122
6.5 螺线管线圈	100	7.10.5 继电器和海拔	122
6.5.1 维持电流额定值	100	7.11 思考题	122
6.5.2 线圈电压	100	7.12 练习题	122
6.5.3 电压变化的影响	101	第 8 章 电动机	124
6.6 交流噪声	101	8.1 学习目标	124
6.7 思考题	102	8.2 电动机的分类	124
6.8 练习题	102	8.3 直流电动机	124
第 7 章 继电器	103	8.3.1 工作原理	125
7.1 学习目标	103	8.3.2 反电动势	125
7.2 继电器	103	8.3.3 负载	126
7.2.1 继电器螺线管	103	8.3.4 直流电动机的类型	126
7.2.2 继电器的用途	104	8.3.5 串励直流电动机	126
7.2.3 继电器衔铁	104	8.3.6 并励直流电动机	127
7.2.4 继电器触点	104	8.3.7 复励直流电动机	127
7.3 固态继电器	105	8.3.8 电枢种类	127
7.3.1 晶体管	105	8.3.9 旋转方向	128
7.3.2 浪涌保护	105	8.3.10 电动机的转速	128
7.3.3 双向可控硅	106	8.3.11 电枢反应	128
7.3.4 可控硅整流器	107	8.3.12 补偿绕组和换向极	129
7.4 断相继电器	108	8.3.13 直流电动机的起动电阻	129
7.5 固态监控继电器	110	8.3.14 直流电动机的特性和应用	129
7.5.1 电压继电器	110	8.3.15 直流电动机故障排除	130
7.5.2 电流继电器	111	8.4 交流电动机	130
7.5.3 过电压 / 欠电压继电器	111	8.4.1 交流电动机的类型	130
7.6 固态继电器开关的类型	111	8.4.2 串励交流电动机	130
7.6.1 开关继电器负载	112	8.4.3 交流电动机中的磁场	131
7.6.2 热敏继电器	112	8.4.4 两相旋转磁场	131
7.6.3 触点放大继电器	112	8.4.5 两相波形	131
7.6.4 负载监测和负载转换继电器	112	8.4.6 三相旋转磁场	132
7.6.5 典型应用	113		
7.7 热过载继电器	114		

8.4.7 同步电动机	133	9.15.5 热敏电阻	156
8.4.8 笼型电动机	134	9.15.6 电阻测温器	157
8.4.9 起动同步电动机	134	9.15.7 半导体温度传感器	157
8.4.10 感应电动机	135	9.15.8 压力传感器	157
8.4.11 定子结构	135	9.15.9 应变式传感器	158
8.4.12 转差	136	9.15.10 压敏电阻传感器	158
8.4.13 单相感应电动机	137	9.16 思考题	158
8.4.14 分相感应型	137	9.17 练习题	159
8.4.15 罩极式感应电动机	138	第 10 章 传感与传感器	160
8.4.16 笼型电动机的转速和转差率	139	10.1 学习目标	160
8.4.17 旋转	139	10.2 传感器的分类	160
8.4.18 转矩和功率	140	10.2.1 接触式传感器	160
8.4.19 堵转转矩	140	10.2.2 非接触式传感器	161
8.4.20 最大转矩	140	10.3 存在传感器	161
8.4.21 转子堵转容量	141	10.4 限位开关	161
8.4.22 起动笼型电动机	141	10.5 转速开关	163
8.5 思考题	142	10.6 压力控制器	164
8.6 练习题	142	10.7 工作原理	165
第 9 章 定时器与传感器	143	10.8 温度控制器	166
9.1 学习目标	143	10.9 浮动开关	168
9.2 时间与定时器	143	10.10 编码器	170
9.3 阻尼式或气动式延时定时器	144	10.10.1 光学可编程控制编码器	170
9.4 同步时钟定时器	144	10.10.2 多路传输	171
9.5 固态定时器	144	10.11 接近开关	171
9.6 延时继电器	144	10.11.1 工作原理	171
9.7 通用时间继电器	145	10.11.2 固态开关	171
9.8 可编程定时器的控制	146	10.11.3 圆柱形感应接近开关	171
9.9 数字固态定时器 / 计数器	147	10.11.4 宽范围感应接近开关	171
9.9.1 单阶段型	147	10.11.5 紧凑型感应接近开关	172
9.9.2 定时 / 计数模式	147	10.11.6 自包含薄型接近开关	172
9.9.3 双阶段型	148	10.12 光电开关	172
9.9.4 指轮开关	149	10.12.1 工作原理	172
9.10 DIP 开关	150	10.12.2 特征	173
9.11 气动式定时继电器	150	10.12.3 光电光源	173
9.12 电动定时器	152	10.12.4 色标传感器	174
9.13 顺序控制	153	10.12.5 透明材料检测	175
9.14 可编程定时器	153	10.13 开关的应用	175
9.15 传感器	154	10.14 自动识别	176
9.15.1 固态液位传感器	154	10.15 射频识别系统	176
9.15.2 电容传感器	155	10.15.1 射频天线	176
9.15.3 温度传感器	155	10.15.2 射频终端	176
9.15.4 热电偶	156	10.16 条形码读取器与解码器	177

10.16.1 手持型扫描器	177	12.16 多速起动器	202
10.16.2 移动光束式扫描器	177	12.16.1 低速闭锁继电器	202
10.17 多路复用技术	178	12.16.2 自动顺序加速继电器	202
10.18 视觉系统	178	12.16.3 自动顺序减速继电器	202
10.19 思考题	178	12.17 变极式电动机控制器	202
第 11 章 螺线管与阀门	179	12.18 全压起动器	207
11.1 学习目标	179	12.19 起动顺序	208
11.2 螺线管	179	12.20 低压保护	208
11.3 工业螺线管	180	12.21 时间延迟保护	209
11.3.1 管式螺线管	180	12.22 思考题	209
11.3.2 框架式螺线管	180	第 13 章 固态减压起动器	210
11.4 应用	180	13.1 学习目标	210
11.4.1 螺线管作为电磁铁	183	13.2 机电设备	210
11.4.2 螺线管线圈	183	13.3 减压起动	210
11.4.3 线圈的检修	184	13.4 可控硅整流器	211
11.5 电路中的电磁阀	185	13.5 固态无级加速	212
11.6 思考题	186	13.6 逻辑机架	212
第 12 章 电动机的起动方法	187	13.6.1 B-2 模块	213
12.1 学习目标	187	13.6.2 B-3 模块	213
12.2 电动机	187	13.6.3 B-4 模块	214
12.3 电动机的起动	188	13.6.4 B-5 模块	215
12.3.1 反向旋转	188	13.6.5 B-6 模块	215
12.3.2 用途	188	13.6.6 B-7 电压监控器模块	215
12.4 排斥感应电动机	189	13.6.7 B-8 节能模块	215
12.5 电容起动电动机	189	13.7 短路 SCR 开关	215
12.6 反向旋转	190	13.8 固态基础接线图	215
12.7 永久分相电容式电动机	191	13.9 双向触发二极管	217
12.8 罩极式电动机	191	13.10 双向可控硅	218
12.8.1 反向旋转	192	13.11 发光二极管	218
12.8.2 用途	192	13.12 采用固态控制器和电磁装置	219
12.9 分相电动机	192	13.13 浪涌电压抑制器	219
12.10 多相电动机起动器	193	13.14 防雷	219
12.11 减压起动方法	194	13.15 思考题	220
12.12 定子电阻起动	195	第 14 章 转速控制与监测	221
12.13 自耦变压器起动	196	14.1 学习目标	221
12.14 部分绕组起动	198	14.2 电动机转速控制	221
12.14.1 操作	199	14.3 笼型电动机	221
12.14.2 优点和缺点	199	14.4 同步电动机	222
12.15 Y- Δ 起动器	199	14.4.1 励磁磁场	222
12.15.1 操作	200	14.4.2 转速	222
12.15.2 优点和缺点	200	14.4.3 起动	223
12.15.3 Y- Δ 联结	200	14.4.4 起动方法	223

14.4.5 同步电动机的应用	226	第 16 章 三相控制器	248
14.5 绕线式电动机	226	16.1 学习目标	248
14.5.1 电阻调速	226	16.2 三相电动机	248
14.5.2 转速控制类型	226	16.3 起动器	249
14.5.3 多路开关起动器	227	16.3.1 最简单的类型	249
14.5.4 鼓形控制器	227	16.3.2 全压双向起动器	249
14.5.5 电磁起动器	228	16.3.3 正转 - 反转 - 停止	249
14.5.6 电阻器	228	16.3.4 起动 - 停止 - 点动	250
14.5.7 固态调速控制器	229	16.3.5 双向起动器	250
14.6 变频调速	229	16.3.6 双速起动器	251
14.7 多速起动器	230	16.4 双电动机控制器	251
14.8 转速监测	230	16.5 中压控制器	252
14.9 思考题	232	16.6 固态电动机控制器	257
第 15 章 电动机控制与保护	233	16.6.1 模块	257
15.1 学习目标	233	16.6.2 固态控制器的优势	258
15.2 电动机控制	233	16.7 电动机控制中心	258
15.3 手动起动	234	16.8 思考题	258
15.4 固态电动机控制器	235	第 17 章 驱动器	259
15.5 顺序控制	236	17.1 学习目标	259
15.6 起动某一电动机需要其他电动机 运行	236	17.2 风扇、鼓风机与水泵	259
15.7 点动	238	17.3 调速驱动器	260
15.8 反接制动	239	17.4 交流变频驱动器	260
15.8.1 电动机任意方向的反接制动	239	17.5 电流源逆变器	260
15.8.2 防止反接制动	241	17.6 调压逆变器	261
15.9 制动	241	17.7 脉宽调制逆变器	261
15.9.1 电动机电子制动	241	17.8 涡流驱动器	262
15.9.2 机械制动	242	17.9 变距驱动器	263
15.9.3 推杆制动器	242	17.10 绕线式交流电动机驱动器	263
15.9.4 电磁式制动器	243	17.11 直流驱动器	264
15.9.5 液压式制动器	243	17.12 调速驱动器	264
15.10 电动机保护	243	17.13 开环控制 (传统方法)	264
15.10.1 喘振保护和逆转保护	243	17.14 闭环控制	265
15.10.2 过载保护	244	17.15 直流驱动器的优缺点	266
15.10.3 过载继电器自动复位	244	17.16 直流驱动器与系统	266
15.10.4 反时限电流继电器	245	17.17 固态数字交流驱动器	267
15.10.5 固态线电压与线电流监测 继电器	245	17.18 思考题	268
15.10.6 可编程电动机保护	246	第 18 章 变压器	269
15.10.7 保护模块	246	18.1 学习目标	269
15.10.8 远程温度探测器模块	246	18.2 变压器	269
15.11 思考题	247	18.3 铁心变压器	270
		18.4 自耦变压器	270
		18.5 变压器损耗	271

20.4 系统分析	317	21.7.10 可编程序控制器的未来	343
20.4.1 短路电流	317	21.8 思考题	343
20.4.2 故障电流	317	第 22 章 机器人与机器人学	345
20.4.3 三相电源	318	22.1 机器人系统	345
20.5 功率测量	319	22.2 机器人的历史	346
20.6 变压器	319	22.3 机器人分类	346
20.6.1 变压器结构	319	22.3.1 探索者机器人	346
20.6.2 三相变压器的连接	321	22.3.2 课堂机器人	347
20.7 开关	325	22.3.3 娱乐机器人	347
20.7.1 自动应急电源开关	325	22.4 作业区域	347
20.7.2 开关柜	327	22.5 机器人的运动能力	347
20.7.3 配电盘	328	22.6 四类机械臂系统	349
20.7.4 电缆管道	329	22.7 机器人的驱动系统	350
20.7.5 铝合金墙内电缆管道和地板 电缆管道	329	22.8 终端执行器	352
20.7.6 电缆桥架	329	22.9 限位开关	355
20.8 思考题	331	22.10 传感器	355
20.9 练习题	331	22.11 发光二极管	355
第 21 章 可编程序控制器	333	22.12 接近传感器	356
21.1 学习目标	333	22.13 机器人动力	358
21.2 固态电子学	333	22.14 电动机	358
21.3 可编程序控制器	334	22.15 伺服控制机器人	360
21.3.1 输入-输出	334	22.16 执行器	360
21.3.2 接口技术	334	22.17 控制器	361
21.3.3 ASCII 码	335	22.17.1 基于微型处理器的控制器	361
21.3.4 并行接口	336	22.17.2 示教器	362
21.3.5 串行接口	336	22.17.3 计算机编程控制机器人	363
21.4 环境影响性能	336	22.17.4 软件与计算机代码	363
21.5 电气噪声	336	22.18 传感器输入	364
21.5.1 安装	337	22.19 视觉系统	364
21.5.2 接地	337	22.20 零件加工	364
21.6 固态元件的可靠性	337	22.21 路径跟踪	365
21.7 控制器	338	22.22 计算机集成制造	365
21.7.1 系统硬件与编程设备	338	22.23 思考题	366
21.7.2 处理器	339	第 23 章 故障排除与维修	367
21.7.3 输入-输出模块	339	23.1 学习目标	367
21.7.4 智能 I/O 模块	340	23.2 检修与电工	367
21.7.5 显示系统	340	23.3 预防性维修	367
21.7.6 单元控制器	341	23.3.1 潮湿区域	367
21.7.7 微型单元控制器	341	23.3.2 避免意外电击	368
21.7.8 局域网	341	23.3.3 接地故障插座	369
21.7.9 低压电动机控制中心	342	23.3.4 布线装置	370
		23.4 小型电动机的维修	370

23.4.1 恰当的导线规格	370	23.15 电动机寿命	386
23.4.2 检查内部开关	370	23.15.1 通风设备	387
23.4.3 检查负载情况	370	23.15.2 环境温度	387
23.4.4 特别关注润滑油	370	23.16 运行特性	387
23.4.5 保持换向器清洁	371	23.17 电动机保护	388
23.4.6 电动机运行额定值	371	23.18 直流电动机故障	389
23.4.7 更换磨损电刷	371	23.19 固态装置检修	392
23.5 电动机故障	371	23.20 思考题	393
23.5.1 滚珠轴承电动机	371	第 24 章 电力相关职业	394
23.5.2 套筒轴承电动机	371	24.1 学习目标	394
23.6 常见电动机故障及起因	372	24.2 雇用电工的行业	394
23.6.1 故障诊断	373	24.3 电力相关职业	395
23.6.2 离心开关	373	24.3.1 电气工程师	395
23.6.3 换向器型电动机	373	24.3.2 建筑电工	396
23.7 故障排除手段	373	24.3.3 维修电工	396
23.7.1 接线图	373	24.3.4 弱电电工	396
23.7.2 小型三相电动机额定数据	375	24.4 通用信息	397
23.8 电源扰动	377	24.5 开始你自己的生意	398
23.8.1 电压波动	377	24.6 领导能力的发展	399
23.8.2 电压瞬变	378	24.6.1 电工的就业情况	399
23.8.3 电力中断	378	24.6.2 收入	399
23.8.4 查找短路点	378	24.6.3 相关职业	399
23.9 笼型电动机	379	24.7 发展前景	400
23.10 检测单相电动机的离心开关	379	附录	401
23.11 检测运行绕组与起动绕组间的 短路	379	附录 A 直流电动机故障表	401
23.12 检测电容	380	附录 B 绕线式电动机故障表	402
23.13 利用测量仪表检查故障	380	附录 C 小功率电动机故障表	403
23.13.1 利用电压表检修电动机	381	附录 D 用于电动机运行过载保护的 双元件熔断器的选择	408
23.13.2 钳式电压电流表	381	术语表	410
23.13.3 查找接地点	381	思考题与练习题答案	415
23.13.4 查找开路点	382		
23.14 故障排除指南	383		

绪 论

1.1 学习目标

通过学习本章，你将能够：

1. 什么是电以及电流是如何定义的？
2. 产生电的 7 种方法。
3. 确定电阻的 4 个因素及各种电路类型。
4. 欧姆定律。
5. 电流测量的不同方法，认识用于控制电流的开关。
6. 认识电阻器的色标码。

1.2 什么是电

虽然你看不到电，但它无时不在，在很多方面都有它的应用。尽管你嗅不到电的气味，但你却能感受到它的存在，例如，你可以品尝到使用电能烹制的食物，你也可以闻到闪电穿过的清新空气。

电的基本形式有两种：一种是由静止不动的电荷形成的静电，另一种则是由流动电荷形成的电流。本书主要讨论电流，因为它的使用范围非常广。电流可以简单地定义为导体中流动电子的运动。为了理解这个定义，你必须知道一些有关化学元素和原子方面的知识。

1.3 元素与原子

元素是一种构成宇宙中所有物质的最基本实体，自然界中发现了 94 种元素。如铁、铜和氮，另有 11 种元素是科学家在实验室中得到的。众所周知的固体、液体或气体物质就是由这些元素组成的。

单一物质很少是由一种元素组成的。一种叫化合物的物质中几乎总是存在多种元素，如常见的水就是一种化合物，它不是由一种元素而是由两种元素组成的，如图 I-1 所示。

原子是元素的最小粒子，它具有元素的所有属性。每个元素都拥有自己的原子结构。也就是说，所有氢原子的结构是相同的，同时氢原子的结构不同于其他元素的原子结构。然而，所有原子又具有共性，即原子是由内在原子核与核外电子两种微小粒子组成的。原子核由质子和中子组成，核外电子则按其轨道围绕在原子核周围，如图 I-2 和图 I-3 所示。

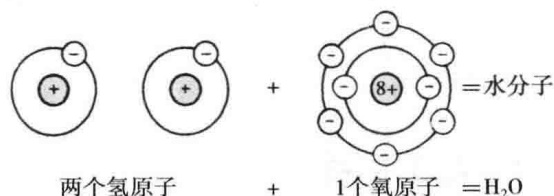


图 I-1 两个及两个以上原子组成的分子，水分子由两个氢原子和 1 个氧原子组成

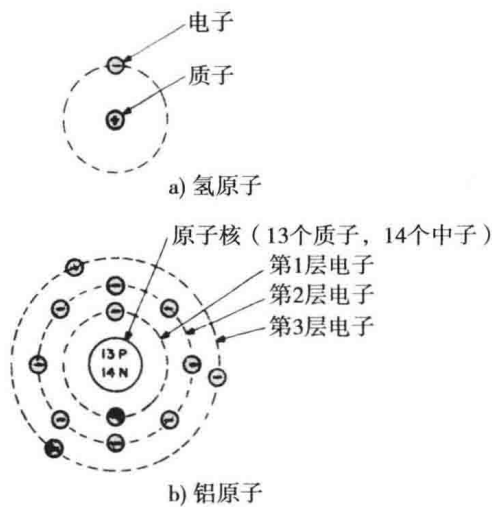


图 I-2 原子结构：原子由质子、中子和电子组成

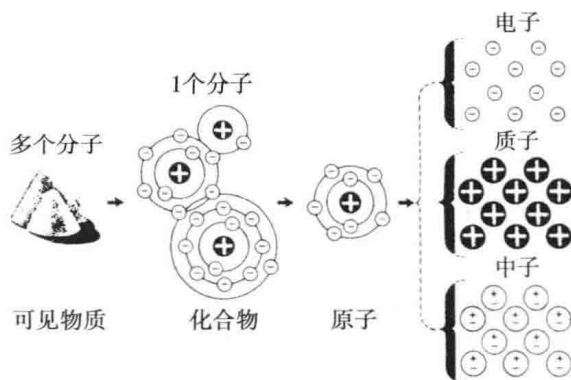


图 I-3 分子结构

中子不带电荷，质子带正电荷，电子带负电荷。由于这些电荷的存在，使质子和电子成为具有能量的粒子，也就是说，这些电荷在原子内部存在一个电场。简单地说，这些电荷在相互吸引力和排斥力的作用下，使得能量以动能的形式存在。

每种元素的原子都有一定数目的电子和质子，例如，1 个氢原子有 1 个电子和 1 个质子，1 个铝原子有 13 个电子和 13 个质子。带负电荷的电子和带正电荷的质子相互吸引，质子使电子在一个环绕原子核的轨道上运动。只要这种结构不变，那么原子就是稳定的。

然而，一些原子的电子很容易脱离其运动轨道，成为不被束缚的电子，这些电子的移动能力或流动能力是形成电流的基础。

1.3.1 自由电子

一些材料受热后其原子会失去一些电子。另一些材料（如铜），在室温条件下电子就很容易逃离原子的束缚自由移动。当电子离开它们的轨道后，它们就可以从一个原子自由移动到另一个原子，毫无方向地游动。以这种方式移动的电子称为自由电子。然而，如果对这些自由电子施加一个力，就可使其沿某路径移动。

1.3.2 电流

如果自由电子是在一个给定的方向上运动的，也就产生了电子的流动——通常称为电流，因此，电子的移动与电流有关。

1.3.3 能量

电子的直径约为 $2.2 \times 10^{-13} \text{ in}$ ($1 \text{ in} = 0.0254 \text{ m}$)，小得令人难以置信。你会质疑如此小的粒子怎么会是能量的来源。许多答案源于这样的事实，即电子的运动速度接近于光速以及数十亿的电子能瞬间穿过一根导线。因此，运动速度如此之快和密度如此之高的电子便产生了巨大的能量。

1.4 电工材料

1.4.1 导体

导体是一种导电的材料，其内部有电子移动。事实上，所有的金属和大多数非金属材料