



知识
全书

2

电工材料与 电子器件

孙左一等 编译

电知识百科全书 2

电工材料与电子器件

孙左一等 编译

*

水利电力出版社出版、发行

(北京三里河 4 号)

各地新华书店经售

水利电力出版社印刷厂印刷

*

787×1092毫米 32开本 4.75印张 101千字

1990年11月第一版 1990年11月北京第一次印刷

印数0001—3670册

ISBN 7-120-00802-1/TM·330

定价3.15元

内 容 提 要

《电知识小百科全书》是一套兼有百科全书、辞书和科普图书特色的丛书，共有18个分册。《电工材料与电子器件》是其中的第2分册。主要内容有电工材料的种类和特性、电的传导过程、电线和电缆、高电阻导电材料、特种导电材料、超导电材料、硬磁材料、软磁材料、磁记录 and 磁记忆材料、半导体材料、晶体管和集成电路、光电器件、显示器件、绝缘材料、电容器、非晶态材料。

序

打开电世界知识宝库

大门的钥匙

在现代社会中，电已经应用于生产、生活和社会活动的所有领域。电既是极其重要的能源，又是极其重要的信息载体。从日常生活中普遍使用的电灯、电话、电报、电视机、电冰箱、电炉、空调到各种机械、电气机车、船舶、飞机；从袖珍计算器、电子钟表、电子玩具到各种计算机网络和系统；从电针治疗到航天技术……人们都要和电打交道。巨大的电力网犹如人体的血液循环系统向整个社会传递着运转的动力；巨大的电气通信和电子通信网络则为整个社会的协调发展瞬息不停地传递着信息。从某种意义上，可以把当今世界看成是“电世界”。作为一个现代人，一个“电世界的公民”，学习和掌握一些电的基本知识，会得到许多帮助和方便。

水利电力出版社出版的《电知识小百科全书》为具有中等文化程度的广大读者提供了一把打开电世界知识宝库大门的钥匙。这套丛书是我国中青年电气科技工作者根据国外同类图书移植改编而成的。在编译过程中，编者根据我国的国情和广大读者的需要作了许多补充和修改。全套图书共十八册，不过百万余字，篇幅约为《电机工程手册》的十分之一，既是百科全书式的工具书，又可以作为学习电气科学知识入门读物。大中学校师生、企业管理人员、科技人员和

其他各行各业的读者，都可能从书中得到一些有用的知识。我相信这套小百科全书会受到读者的欢迎，同时也希望广大读者特别是电气科技工作者一起来发表意见，集思广益，帮助编者进一步修订好这套小百科全书，使之逐步完善，成为一套具有中国特色的电气知识普及读物。

毛 鹤 年*

1987年夏季

* 毛鹤年同志是我国电机工程界的老前辈。生前担任中国电机工程学会理事长、国际大电网会议中国国策委员会主席。这篇序言是毛鹤年同志在1987年夏季撰写的。毛鹤年同志已于1988年10月病逝。

编 译 说 明

1982年日本欧姆社(OHM社)在建社70周年之际,出版了一本《图解电气百科事典》,以大约百万字的篇幅,介绍了包括电的基础知识、电力的生产与应用、电子技术、通信、广播、电视、计算机和自动控制等各方面的知识。这套《电知识小百科全书》就是以《图解电气百科事典》为蓝本,根据电气科学技术近年间的最新发展和我国的国情,作了较多的修改和补充编译而成的。全套丛书共18分册。各册的书名是:

1. 电的基础知识
 2. 电工材料与电子器件
 3. 电子电路
 4. 电气测量与电工仪表
 5. 电机与电器
 6. 电力系统与新能源
 7. 工厂用电
 8. 安装电工
 9. 安全用电
 10. 照明
 11. 电热利用
 12. 自动控制
 13. 电子计算机
 14. 电气通信与广播电视
 15. 交通与电气
-

16. 医疗与电气

17. 家庭用电与家用电器

18. 趣味电气

这套小百科全书在编译体例上有以下特点:

(1) 具有百科全书的特色, 内容涉及与电有关的各个领域, 从最基础的电荷、电场、电流、电压等概念到超导材料、信息处理、医疗电子工程等正在迅速发展的高技术; 从电力的生产、输送、分配到工厂和居民生活用电等都有简明扼要、深入浅出的介绍, 适合各行各业、各个层次的读者的不同需要。

(2) 具有辞书类工具书的特点, 以基本概念、技术用语、定义规律为中心组织各部分内容, 各个分册、各个部分总体上互相联系, 局部又都各自形成完整的叙述, 读者可以方便地查阅所要了解的事项。

(3) 书中的叙述避免冗长的文字和繁杂的数学公式, 收集了较多的插图, 具有中等文化程度的读者都能阅读。

本书在编译过程中, 参考了国内外近年出版的许多百科类、辞书类和科普类图书。书中涉及技术标准之处均已统一为我国的国家标准或部颁标准, 计量单位亦已按新的国家标准核定。

能源部南京自动化研究所孙左一主持了《电知识小百科全书》的编译工作, 参加编译工作的还有(以姓氏笔划为序): 马师模、孙中遼、刘开增、刘振乾、何方、何云、罗贤伟、罗贤杰、张在德、张耀东、童永富、傅鸿仓、熊葆芳等。本分册编译者为张耀东、童永富、孙左一, 审稿者为陈有安。

本书编译工作得到毛鹤年、韩祯祥、王平洋、都兴有、

囊洋、马经国、廖培鸿、叶世勋等学术界前辈的鼓励和支持；水利电力出版社的领导和有关编辑给予许多指导和帮助；南京自动化研究所图书馆为编译者查阅图书资料提供了诸多方便。在此谨向所有关心、支持、帮助过这项工作的同志表示衷心的感谢。

参加编、译、校、审工作的十余位同志兢兢业业，历时约三年，终于完成书稿，陆续付印。限于编译者的学识水平，书中仍会有尚未发现的疏漏和差错，祈望各位读者指正（通信地址：南京323信箱）。

孙左一

1988年7月1日

目 录

序

编译说明

1 电工材料的种类和特性	1
电工材料的分类	1
电工材料的基本电磁性能	5
2 电的传导过程	11
电子导电与离子导电	11
物质三态的导电方式	12
超导电	13
半导体导电	14
影响导电的因素	15
3 电线与电缆	17
制造电线的主要材料	17
电线和电缆的分类	19
架空导线	19
设备用电线电缆	23
电力电缆	24
通信电缆	26
电磁线	28
4 高电阻导电材料	31
高电阻材料的主要用途	31
高电阻合金材料	34
电碳制品	35
电子电路用电阻器	37
5 特种导电材料	40

熔体材料	40
钎料	41
电触头材料	43
导电性涂料和胶粘剂	45
透明导电薄膜	46
6 超导材料	47
隧道效应与约瑟夫森器件	47
超导材料在强电领域的应用	49
7 硬磁材料	52
塑性变形硬磁材料	53
铸造铝镍钴系硬磁材料	53
粉末烧结铝镍钴系硬磁材料	53
硬磁铁氧体	54
稀土钴系硬磁材料	54
8 软磁材料	55
电磁纯铁	55
硅钢片	55
铁镍合金	56
磁介质软磁材料	58
软磁铁氧体	58
9 磁记录和磁记忆材料	60
磁记录材料	60
磁记忆材料	61
10 半导体材料	64
半导体的种类和用途	64
N型半导体与P型半导体	66
半导体提纯与单晶制造的方法	67
11 晶体管	69
晶体二极管	69

二极管的特性与参数	71
晶体三极管	72
晶体管的放大作用	75
晶体管的特性曲线和主要参数	77
12 特殊晶体管	80
硅稳压二极管	80
可控硅元件	81
场效应晶体管	84
13 集成电路	87
集成电路的种类	87
半导体集成电路	88
膜集成电路	90
混合集成电路	92
数字集成电路与模拟集成电路	93
集成电路的封装	95
14 光电器件	96
半导体受光器件	96
半导体发光器件	98
光纤通信的光源和光检测器	100
光纤和光缆	102
15 显示器件	105
充气显示管	105
荧光屏显示管	105
液晶	106
16 绝缘材料	108
绝缘材料的性能、老化与寿命	108
绝缘材料的种类	109
绝缘材料的主要用途	111
绝缘材料的耐热等级	112

液体绝缘材料	112
绝缘漆和绝缘胶	113
浸渍纤维制品	114
绝缘层压制品	114
电工薄膜及复合材料	115
17 绝缘云母	116
绝缘云母的种类和特性	116
云母片的用途和等级	117
云母制品	117
18 电工玻璃	119
装置用玻璃	119
电真空玻璃	120
电容器玻璃	120
玻璃釉	120
玻璃纤维	120
19 电工陶瓷和电子陶瓷	121
电工陶瓷	121
电子陶瓷	122
20 电工橡胶	124
天然橡胶	124
合成橡胶	125
21 电工塑料	127
热固性塑料	127
热塑性塑料	128
22 电容器	131
电容器的种类	131
固定电容器	132
可变电容器	134
23 非晶态材料	136
非晶态金属	136
非晶态半导体	138

1 电工材料的种类和特性

在现代社会中，电能被广泛地应用于国民经济的各个部门和人们的日常生活之中；电子技术的迅速发展，使社会生产和生活进入了高度信息化的时代。电工材料是电气化、信息化的最重要的基础材料。没有电工材料，无论是电能的生产、输送、分配和使用，还是信息的收集、传播、交换和控制都是难以实现的。所以，电工材料与建筑材料、机械材料一起被称为现代社会经济发展的三大支柱材料。

电工材料的分类和应用与其所制成的各种元器件的用途密切相关，因此，介绍电工材料的特性不可能离开元器件，正如要说明建筑材料的特性不可能不涉及各种建筑物一样。另外，本书所涉及的电工材料主要包括用于电力工程上的强电用器材和用于电子工程上的弱电元器件，因而本书实际上是一本概要介绍电工、电子器材的基础读物。

电 工 材 料 的 分 类

发电机、变压器、电动机等电气设备和收音机、电视机、录像机等电子装置都是由许多部件、器件和元件构成的。这些部件、器件和元件又都是由各种电工材料制成的。电工材料是指决定或影响设备及器件的电气特性的材料。不同的化学成份、物理形态、电气特性的材料所起的作用是各不相同的。图 1 是以电动机为例，说明电工材料的分类方法的。

图 1 中按电气性能、化学性质、物理形态和用途对电工材料进行了分类。通常电工材料是以电气性能分类，即根据导电

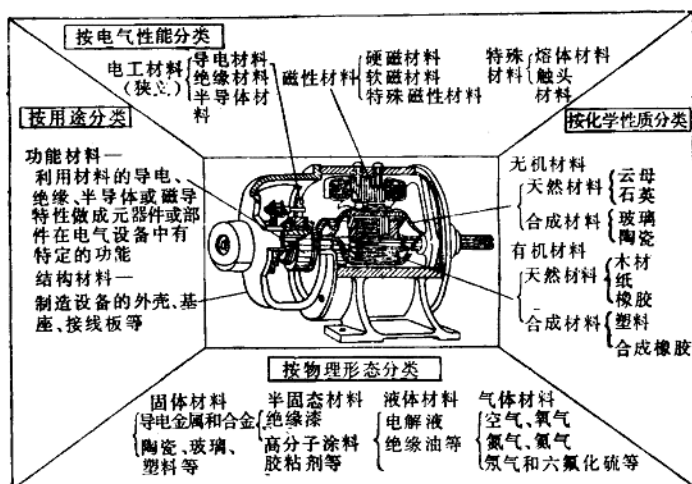


图 1 电工材料的分类方法

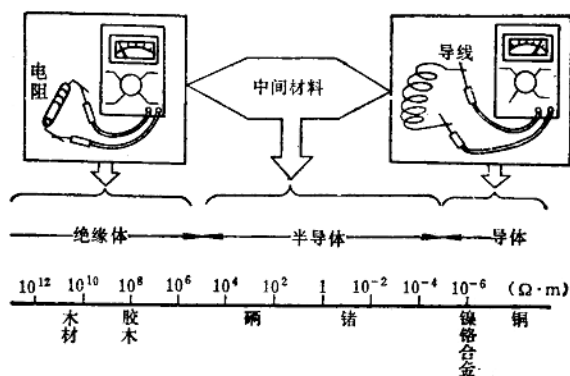


图 2 按电阻率大小对材料进行分类

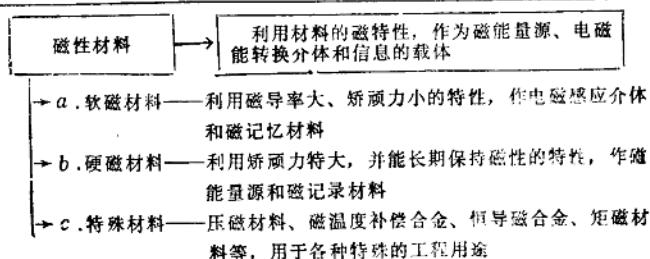
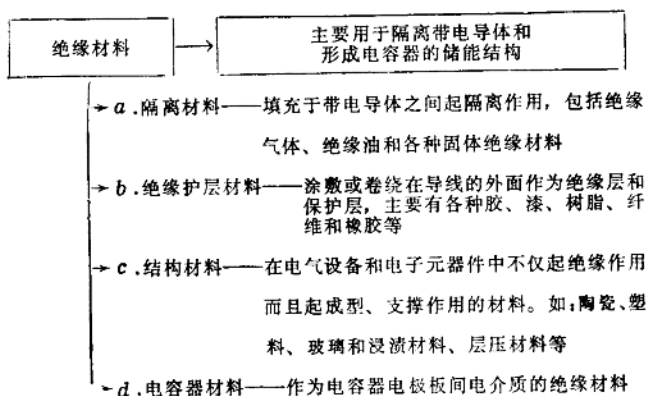
性能将材料分为导电材料、绝缘材料、半导体材料等，或根据磁特性将材料分为硬磁材料、软磁材料等。图 2 是按材料的电阻率大小将材料分为导体、半导体和绝缘体的示意图。表 1 列出了按电气性能分类的电工材料及其主要用途。

表 1 电工材料的种类及主要用途

导 电 材 料	→ 主要用于传导电流
→ a. 导线材料——用于传导电流，要求电阻小，并有一定的机械强度 → b. 电阻材料——用于调节电路的电流，要求耐热性好 → c. 接触材料——用于开关、继电器等使电路断、合的场所，要求接触电阻小、耐磨损 → d. 熔体材料——用于电路和电器的保护，具有适当的电阻率和熔点，出现过电流等情况时能正确地自行熔断 → e. 超导材料——在绝对温度 0 K 时，电阻为 0 的材料，用于制作某些特殊功能的器件	
半 导 体 材 料	→ 半导体的导电性能介于导体与绝缘体之间，其电阻会随外部的电、光、热等因素的改变而变化。由于半导体具有许多特殊的性能，因而有很多用途
→ a. 整流材料——利用 P-N 结的单向导电性制成二极管、可控硅等整流元器件 → b. 晶体管材料——由 P-N 结接合成 PNP 或 NPN 三层结构，可制成电子电路最基本的元件晶体三极管	

续表

- c. 集成电路材料——利用硅平面技术和膜集成技术，将晶体管、二极管、电阻、电容等集成在一块基片上，构成集成电路
- d. 光电材料——利用半导体的光电效应制作发光管、激光源、光探测器、光电池等发光和受光元器件
- e. 传感材料——利用半导体的各种特性，制作将力、热、磁等各种物理量转化为电信号的传感器、转换器



电工材料的基本电磁性能

了解和掌握电工材料的电磁性能，是正确使用它们的基础，这里仅简要地介绍一下各种电工材料中共同的一些基本电、磁性能和反映这些特性的最常用的

的名词、术语、公式和计量单位。

导电特性 电阻率、电导率和电阻温度系数是反映导电材料电性能的最重要的标志。

(1) 电阻率。电阻率是在相同的温度条件下，单位长度、单位截面积材料的电阻（参见图3）。电阻率越大，材料的导电能力越差，反之，则导电能力越强。长度为 $L(\text{m})$ 、截面积为 $A(\text{m}^2)$ 的材料的电阻 $R(\Omega)$ ，可用其电阻率 $\rho(\Omega \cdot \text{m})$ 来表示。即：

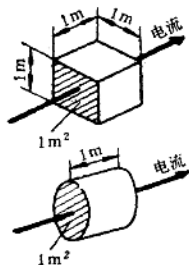


图3 电阻率

$$R = \rho \frac{L}{A}$$

表2中列举了几种常见导体的电阻率。

表2 几种常见导体的电阻率

导电性能	材料名称	电阻率 ($\Omega \cdot \text{m} \times 10^{-8}$)
很好	银	1.62
	铜	1.72
良好	金	2.40
	铝	2.62
较好	钨	5.48
	锌	6.10
	黄铜	7.00