

化纤工人中高级技术系列读物

# 生产基础 生基 纶气 涤电

明向阳 等编

东南大学出版社

化纤工人中级技术系列读物

# 涤纶生产电气基础

明向阳等编



东南大学出版社

## 内 容 提 要

本书系化纤工人中高级技术系列读物之一。全书共分三篇十八章，结合生产实践，分别讲述化纤电气基础、电气设备及其控制的原理和操作。

本书以涤纶生产操作工人为主要读者对象，重点突出，也可供涤纶生产工艺和电气运行维护人员阅读参考。

## 涤纶生产电气基础

明向阳 等编

---

东南大学出版社出版

南京四牌楼2号

江苏省新华书店发行 镇江前进印刷厂印刷

开本787×1092毫米 1/16 印张11.5 字数282千字

1991年8月第1版 1991年8月第1次印刷

印数：1—5000册

---

ISBN7—81023—365—3

---

TQ 3 定价：4.40元

## 出版说明

我公司是纺织部特大型化纤联合企业。公司的主要产品是各种PET切片、涤纶短纤维及差别化纤维，主要生产装置及技术均系国外引进，为目前国内、国际先进水平。建厂一开始，我公司就十分重视职工培训，系统培训各级各类在职职工，并以对主体工人进行中级技术培训为重点。培训离不开教材，但由于化纤工业较为年轻，适用工人培训的教材可谓凤毛麟角。办学初期，我们常因极度短缺教材而事倍功半，甚至陷入窘境，只得仓促编写一些油印讲义权充教材。为了从根本上保证我公司工人培训的质量，给化纤行业兄弟单位的工人培训提供方便，为我国化纤行业工人培训的教材建设作出应有贡献。在1988年春，我公司涤纶一厂组织了四十多名工程技术人员和兼职教师，在油印讲义和讲稿的基础上，全面修改与编写了这套《化纤工人中高级技术系列读物》，我们希望通过这套《读物》的出版，能迎来化纤行业工人培训读物竞相问世的春天。

目前，尽管我国涤纶生产的操作工人有着不同的工种体系及众多的工种名称，但无论如何，切片及短纤的生产过程总是由聚酯合成、熔体（或切片）纺丝及初生纤维后处理这三大部分所组成，鉴此，同时又考虑到技术等级标准对中高级工人的技术构成要求，这套《读物》共有以下八册组成，它们是：《化纤工人识图知识》、《涤纶生产电气基础》、《涤纶生产仪表及自动化》、《聚酯合成单元操作》、《聚酯生产》、《聚酯生产设备》、《涤纶短纤维生产》、以及《涤纶短纤维生产设备》。其中，前面三册是涤纶生产操作工人的通用读物，后续三册适用于聚酯合成操作工人，最后两册适用于短纤纺丝及后处理工人。这样，涤纶生产工人都可以通过不同的选配与组合，从这套《读物》中获得本岗位的知识 and 技能。

从我国目前化纤行业操作工人的实际文化程度出发，《读物》在编写过程中，尽量以初中文化知识为基础，深入浅出。为了方便广大倒班的操作工人自学，在这套《读物》多数分册的章、篇之末，都附有习题或思考题。

《化纤工人中高级技术系列读物》是由工作在生产第一线的各专业工程师集多年的试车、生产及工人培训的经验编写而成的，并且分别经各有关专业的带头人审定。《读物》以提高化纤操作工人的知识和技能为宗旨，不仅注重理论联系实际，具有较强的实用性及系统性，而且通俗易懂，图文并茂。《读物》内容的取舍，既立足本公司实际又兼顾全国涤纶生产的现状，兼收并蓄，力求针对性与通用性并行不悖。《读物》还适当注意到了与后续的高级技术培训的衔接，因此，它将对高级工的培训具有参考价值。《读物》还可供诸如保全工、维修电工、仪表维修工等与化纤操作工的相邻工种的工人作参考用书。

在《读物》出版过程中，著名化纤专家、中国纺织大学前院长钱宝钧教授给予了热情的关心及支持，并为之写了序。《读物》编写时，参考和引用了国内外许多图书和资料，在此一并致谢。

组织众多工程技术人员编写工人培训系列读物，在我公司尚属初次尝试，缺乏经验，

由于工作量很大，时间仓促，加之编者水平有限，各册内容繁简与文体虽经统稿审定，尚有不尽人意，疏谬之处，在所难免，恳请读者批评指正。

**江苏仪征化纤工业联合公司**

一九九一年五月

## **《化纤工人中高级技术系列读物》编审委员会**

沈传昌 马育平 邵学洪 沈有根 吕中品 翁世奋 黄兴山  
高澄 王树森 许永明 王壮 叶宗善 江昱建 陈森富  
李荣兴 成展 施一宁 宁润堂 明向阳 李希 张立华  
应俊信 张瑞平 李振峰 赵彦民

**主 编 李荣兴**

## 序

我国化学纤维工业的兴起，始于50年代后半期。三十多年来，在党和政府强有力的领导下，终于在我国建设起一个品种齐全、设备基本立足国内、质量符合要求、生产规模庞大的现代化工业。这一成就使得中、外人士都惊羨不止。

随着我国化纤工业的发展，有关的学术论著、工具书及教科书不断涌现，但相应的工人读物却较为鲜见，更不用说系列读物了。仪征化纤工业联合公司涤纶一厂的同志们积极探索、大胆实践，依靠自身的优势及力量，编写了这套《化纤工人中高级技术系列读物》，在化纤行业中开了编写工人系列读物的先河，确是一件值得称颂的大好事。

化学纤维的生产技术涉及到多门科学、工程和技术知识，如基础化学、高分子科学的机械、电机、电子、化工、仪表自动化等等，具有高度的综合性。要编写一套以初中以上文化水平的化纤工人为对象的系列读物，作为系统培训教材或自学用书，必须考虑到内容的通俗性、实用性、系统性，选材要兼收并蓄，表达要深入浅出，通俗易懂，其任务显然是十分艰巨的。仪征化纤工业联合公司涤纶一厂的专业技术人员，凭他们多年积累的生产技术知识和工作经验，以严谨的科学态度，通力协作，积两年多辛劳，较为成功地编出了这套《读物》。她的问世，对提高我国涤纶生产工人的素质，提高我国涤纶纤维生产水平，将起到重大的效用。

化学纤维起源于实验室研究。一个世纪以来，创造了众多的品种。但不管科学研究成就多么辉煌，如果没有多种工程技术的配合，是不会有现代化大规模化纤生产企业的。目前，我国化学纤维工业的发展虽已具有一个坚实的基础，而且到了比较先进的水平，但我们的领导干部、科学工作者、工程技术人员和工人不能满足于这一现状，还须继续共同努力，精益求精。新的大品种虽一时可能不会出现，但通过接枝、嵌段、共聚、混溶等物理化学变性，不断改进旧品种、创造新品种的潜力还是很大的。通过技术与管理双管齐下，维修保养好设备，节约能源、降低成本、提高质量、增加花色品种，就能使我们的化纤产品立足于剧烈竞争的国际市场。在所有这些方面，生产技术工人的技术素养和工作作风，将起到关键的作用。这套《读物》必将在完成这一任务中，作出应有的贡献。

作为一个与化学纤维科学技术结下五十年不解之缘的老年人，在《化纤工人中高级技术系列读物》出版之际，感到无比欣幸。衷心祝贺她的出版，期待着她的佳音。

钱宝钧 于中国纺织大学  
1990年2月

# 目 录

## 第一篇 基础知识

### 第一章 电荷与电场

- § 1-1 电荷·····( 3 )
- § 1-2 电场和电容器·····( 3 )

### 第二章 电路及基本物理量

- § 2-1 电路的组成·····( 7 )
- § 2-2 电流和电阻·····( 7 )
- § 2-3 电压和电动势·····( 9 )
- § 2-4 电功和电功率·····( 10 )
- § 2-5 电流的热效应——焦耳·楞次定律·····( 11 )

### 第三章 简单直流电路

- § 3-1 欧姆定律·····( 12 )
- § 3-2 电阻的串并联·····( 13 )

### 第四章 简单交流电路

- § 4-1 正弦交流电的基本概念·····( 16 )
- § 4-2 正弦交流电的三种表示法·····( 19 )
- § 4-3 交流电路的功率·····( 20 )

### 第五章 三相交流电

- § 5-1 三相交流电的基本概念·····( 22 )
- § 5-2 三相交流电中电源和负载的连接方式·····( 23 )
- § 5-3 三相交流电路的功率·····( 26 )

### 第六章 磁场和电磁现象

- § 6-1 磁的基本概念·····( 27 )
- § 6-2 电流的磁场及其相互作用力·····( 29 )
- § 6-3 电磁感应·····( 30 )
- § 6-4 电感器·····( 32 )
- § 6-5 磁路的基本概念·····( 34 )

### 第七章 半导体器件及应用

- § 7-1 导体、绝缘体和半导体·····( 35 )
- § 7-2 半导体器件的简介·····( 35 )

### 第八章 脉冲数字电路基础

- § 8-1 基本知识·····( 40 )

§ 8-2	基本逻辑门电路	(42)
<b>第九章 电动机及常用低压电器</b>		
§ 9-1	电动机	(45)
§ 9-2	常用低压电器	(48)
<b>第十章 工厂供电</b>		
§ 10-1	工厂供电系统	(60)
§ 10-2	变电站主要设备	(61)
§ 10-3	聚酯车间供电系统	(64)
§ 10-4	纺丝车间供电系统	(67)
习题(I)		(71)
附表 低压电器常用符号		(84)

## 第二篇 聚酯装置电气设备

<b>第十一章 聚酯装置电气设备概述</b>		
§ 11-1	电气设备概述	(95)
§ 11-2	聚酯生产对供电可靠性的要求	(95)
<b>第十二章 电气控制</b>		
§ 12-1	电气控制装置的作用	(97)
§ 12-2	电热设备的控制	(97)
§ 12-3	交流电动机的控制	(98)
§ 12-4	直流电动机的控制	(101)
§ 12-5	电动机的保护	(108)
§ 12-6	电动机的自动再起动	(110)
§ 12-7	不间断电源装置—UPS	(111)
<b>第十三章 照明电气设备</b>		
§ 13-1	照明设备概述	(115)
§ 13-2	照明控制线路	(116)
<b>第十四章 电气设备的防爆和防雷接地装置</b>		
§ 14-1	聚酯生产的防爆要求	(119)
§ 14-2	防爆的基本措施	(119)
§ 14-3	雷的危害与防雷	(120)
§ 14-4	接地装置	(121)
习题(I)		(122)

## 第三篇 纺丝装置电气设备

### 第十五章 纺丝装置的主要电气设备



§ 15-1	概述 .....	(125)
§ 15-2	熔体输送系统 .....	(125)
§ 15-3	纺 丝 .....	(126)
§ 15-4	后处理联合机 .....	(127)
§ 15-5	HV836A 型曳引张力机和 HV771A 型切断机 .....	(128)
<b>第十六章</b>	<b>电动机及其运行控制</b>	
§ 16-1	概述 .....	(130)
§ 16-2	电动机 .....	(130)
§ 16-3	转速-转矩特性 .....	(134)
§ 16-4	转速控制 .....	(137)
§ 16-5	控制与检测装置 .....	(138)
<b>第十七章</b>	<b>电动机调速系统</b>	
§ 17-1	概述 .....	(142)
§ 17-2	直流电动机的转速控制及可控硅装置 .....	(142)
§ 17-3	电磁调速异步电动机 .....	(144)
§ 17-4	变频调速装置及同步电动机 .....	(146)
<b>第十八章</b>	<b>纺丝生产设备的电气控制</b>	
§ 18-1	概述 .....	(150)
§ 18-2	联苯锅炉加热控制 .....	(150)
§ 18-3	熔体输送压力控制—VS电机调速系统 .....	(153)
§ 18-4	HV452 型纺丝机的电气控制 .....	(159)
§ 18-5	HV472 型卷绕机的牵引喂入传动的控制原理 .....	(161)
§ 18-6	纺丝变频调速系统 .....	(164)
<b>习 题 ( I )</b>	.....	(170)
<b>参考资料</b>	.....	(173)
<b>后 记</b>	.....	(174)

# 第一篇 基础知识



# 第一章 电荷与电场

由于我们的工作岗位上有很多电气设备，为了安全生产，正确操作，所以要知道电是什么，对电现象建立一个基本概念，即“电”是物质运动的一种基本形式，它是物质世界的一种客观反映。

## § 1-1 电 荷

我们在初等物理学中知道，摩擦可以生电。所谓摩擦生电，实质上就是摩擦分电。也就是两个物体在相互摩擦时，一个物体失去一些电子而带正电，另一个物体得到这些电子而带负电。只要用适当的方法，就可以观察到带电体的电现象。日常生活中所说的“电”，就是指电荷及其运动时所表现出来的各种现象。

度量物体带电多少的量是电荷量，简称为电量，用 $Q$ （或 $q$ ）表示，其单位为库仑，简称为库，用 $C$ 表示。例如一个电子所带的电量等于 $1.6 \times 10^{-19}$ 库仑，它是带电的最小单元，一切带电体所带的电量都是这个最小单元的整数倍。

电荷是一种客观存在的物质，它不能创造，也不能消灭，只能从一个物体转移到另一个物体，这种现象称为电荷的守恒定律；电荷具有两个重要特性，即(1) 电荷有正负两种；(2) 同性电荷相斥，异性电荷相吸。

## § 1-2 电场和电容器

### 一、电场

电荷与电荷之间没有直接接触，为什么会产生作用力呢？这就引出了电场的概念。

在冬天，如果房子里有一个火炉，我们就会感到暖烘烘的。虽然我们没有直接接触火炉，但也会感到有热量，这是火炉的热量向周围辐射的原因。在带电体的周围存在着电场。电场是在电荷周围存在着的一种特殊形态的物质。

电荷与电荷之间的作用力，就是通过电场进行的。

为了形象地描述电场的存在，我们引入电力线（电力线在实际中是不存在的）的概念。电力线有如下性质：

- (1) 电力线从正电荷出发而终止于负电荷；
- (2) 任意两条电力线不相交；
- (3) 电力线的疏密反映了电场的强弱。

电力线的分布情况如图 1-1 所示。

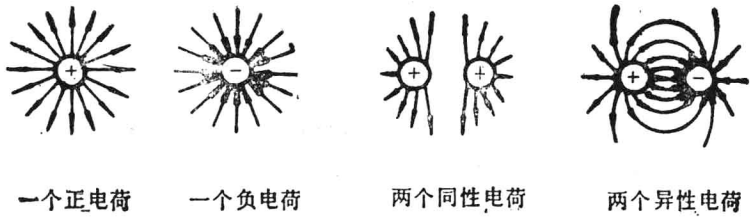


图 1-1 电力线示意图

## 二、电容器

电容器是电气设备中用得非常广泛的元件之一，如在电路中用作滤波、移相、选频和改善系统的功率因素  $\cos\varphi$  等。

### 1. 什么是电容器呢？

储存电荷的容器，称为电容器。凡是两片金属导体中间被绝缘材料（如空气、云母、塑料、纸、油等）隔开的，就组成了一个电容器。两个金属导体称为两个极板，中间绝缘材料称为介质，如图 1-2 所示。

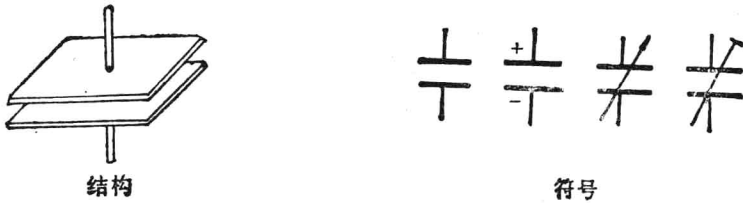


图 1-2 电容器结构符号

### 2. 电容器的电容量

当电容器与电源接通后，两个极板就分别积累数量相等，极性相反的电荷（这个过程称为电容器的充电。如图 1-3 所示）两极板之间建立起一定的电压。也就是说，两极板上的电荷

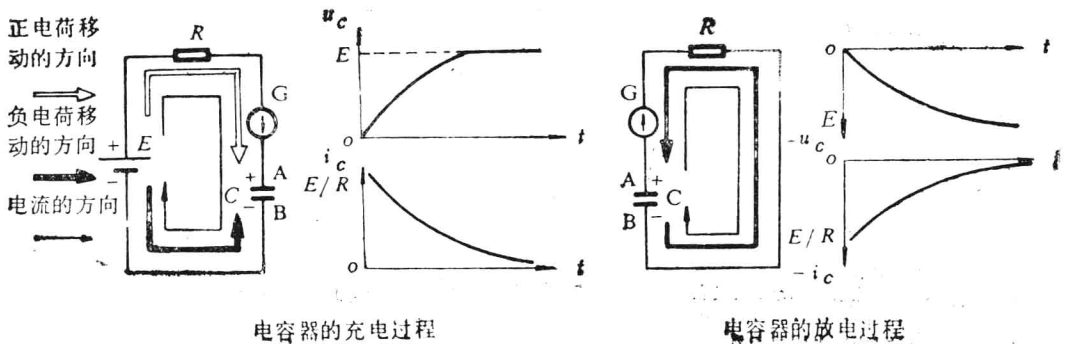


图 1-3 电容器的充放电

量与极板间的电压之比，称为电容器的电容量，简称为电容，用  $C$  表示。即

$$C = \frac{Q}{U}$$

上式说明，电容在数值上等于单位电压在极板上所积累的电量。不同的电容器，电容的数值不同。

电量  $Q$  的单位为库仑 ( $C$ )，电压  $U$  的单位为伏特 ( $V$ )，电容  $C$  的单位为法拉 ( $F$ )。其单位换算为：

$$1 \text{ 法拉}(F) = 10^6 \text{ 微法拉}(\mu F)$$

$$1 \text{ 微法拉}(\mu F) = 10^6 \text{ 皮法拉}(pF)$$

电容的大小由电容器的结构和介质的性质决定。对于平板电容器，其电容量为：

$$C = \frac{\epsilon \cdot S}{d}$$

式中： $\epsilon$  —— 电容率（单位为法/米， $F/m$ ）；

$S$  —— 极板面积（单位为米<sup>2</sup>， $m^2$ ）；

$d$  —— 极板距离（单位为米， $m$ ）。

注意：每个电容器都是按一定的耐压制造的，选用时要注意。否则，在高于耐压的情况下工作，就会发生介质击穿，造成电容器的极板间短路，导致损坏。

### 3. 电容器的串并联

(1) 电容器的串联 如果电容器的耐压不够高，可以把电容器串联起来使用，如图 1-4 所示。

$$\begin{aligned} Q &= Q_1 = Q_2 = \dots = Q_n \\ U &= U_1 + U_2 + \dots + U_n \\ \frac{1}{C} &= \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots + \frac{1}{C_n} \end{aligned}$$

如果  $n$  个相同的电容  $C_0$  串联，其总电容  $C$  为

$$C = \frac{C_0}{n}$$

(2) 电容器的并联 如果电容器的电容量不够大，可以把电容器并联起来使用，如图 1-4 所示。

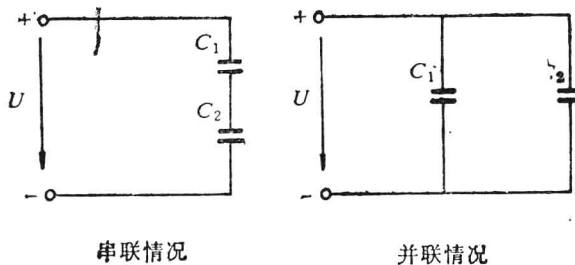


图 1-4 电容器的串并联

$$Q = Q_1 + Q_2 + \dots + Q_n$$

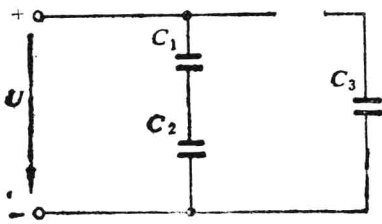
$$U = U_1 = U_2 = \dots = U_n$$

$$C = C_1 + C_2 + \dots + C_n$$

如果  $n$  个相同的电容  $C_0$  并联，其总电容  $C$  为

$$C = n \cdot C_0$$

(3) 电容器的混联 如果电路的电压超过每个电容器的耐压，而且电容量又超过每个电容器的容量时，可以把电容器混联起来使用，如图 1-5 所示。它的等效电容为：



$C_1$  和  $C_2$  串联，即

$$C' = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2}$$

$C'$  和  $C_3$  是并联，即

$$C = C' + C_3$$

电容器最显著的特点就是“隔直旁交”，而且电容器在交流电路中的作用是进行能量（电能）的吞吐，并不消耗能量，故电容器是一个储能元件。

混联情况

图 1-5 电容器的混联

## 第二章 电路及基本物理量

电气设备的运行，很大程度上依赖于电流。要产生电流，就需要构成电的回路。电路是由一些基本的物理量来描述。在电学中，最基本的物理量有10个，它们是电流、电阻、电压、电动势、电功率、电容、电感、磁通、磁通密度和磁感应强度等。

### § 2-1 电路的组成

#### 一、电路

什么是电路呢？简单地说，就是电流经过的闭合路径。一个最简单最基本的电路，必须由电源、负载和连接导线组成，如图2-1所示。

#### 二、各部分的作用

1. 电源 是将非电能转变为电能 的设备。例如，发电机把机械能转变为电能；电池把化学能转变为电能。也就是说，电源是提供能量的设备。

2. 负载 是各种用电设备的统称，是将电能转变为其它形式能的设备。例如，电动机把电能转变为机械能；电灯把电能转变为光能；电炉把电能转变为热能。也就是说，负载是消耗电能量的设备。

3. 连接导线 是将电源和负载接成一个电路，进行电能输送的电线。最常用的导线是铜导线和铝导线。

电路可分成电源和负载两部分：对电源讲，负载和其连接导线称为外电路；电源内部及其连接导线称为内电路。

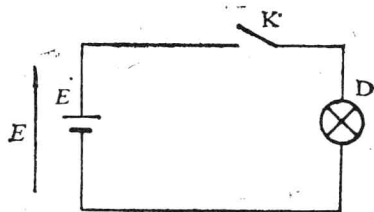


图 2-1 电路的组成

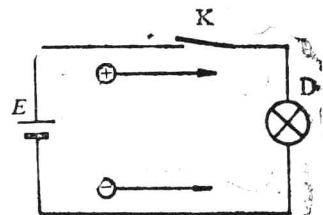
### § 2-2 电流和电阻

#### 一、电流

什么是电流呢？电荷有规则的定向运动称为电流。电流虽然看不见，但可通过它的热效应、磁效应或光效应等观察到。习惯上把正电荷运动的方向规定为电流的正方向，所以在判断电流的方向时，一定要注意这一点。如图 2-2 所示。

电流的大小用电流强度来衡量，简称为电流，用  $I$  表示。即

$$I = \frac{Q}{t} \quad (\text{直流情况时})$$



⊖ 负电荷 (电子)

⊕ 正电荷

图 2-2 电流的方向



$$i = \frac{\Delta q}{\Delta t} \quad (\text{交流情况时})$$

上式说明：电流强度是单位时间内通过导体截面的电荷量（电量）。

电量  $Q$  的单位为库仑（C），1 库仑 =  $6.24 \times 10^{18}$  个电子所带的电荷量，时间  $t$  的单位为秒（s），电流  $I$  的单位为安培（A）。其单位换算关系为：

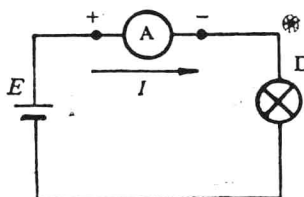


图 2-3 电流表的接法

$$1 \text{ 安培 (A)} = 10^3 \text{ 毫安 (mA)}$$

$$1 \text{ 毫安 (mA)} = 10^3 \text{ 微安 (}\mu\text{A)}$$

测量电路中的电流大小，可以用电流表（安培计）。电流表要串联在被测电路中，并注意电流表的极性，不能接反，否则容易损坏表头；还要注意电流表的量程范围一定要大于被测电路中的实际电流值，否则有可能烧坏电流表。其正确接法如图 2-3 所示。

## 二、电阻

当把不同的负载接到电源上时，负载中通过电流的大小是不同的，这是因为不同的材料（负载）对电流具有不同的阻力。导体对通过它的电流所呈现的阻力，称为电阻。因为自由电子在导体中运动时，一方面要克服原子核的束缚力，另一方面还要克服由于碰撞其他原子和电子所造成的反运动，所以自由电子的运动必受到一定的阻力。

导体的电阻，用  $R$  表示。即

$$R = \rho \cdot \frac{l}{S}$$

式中： $\rho$ ——电阻率（单位为欧·米， $\Omega \cdot \text{m}$ ）；

$l$ ——导体的长度（单位为米，m）；

$S$ ——导体的截面积（单位为米<sup>2</sup>，m<sup>2</sup>）；

$R$ ——导体的电阻（单位为欧姆， $\Omega$ ）。

上式说明，对同一材料的导体，其电阻的大小与导体的长度成正比，与导体的截面积成反比。

不同材料的导体，其  $\rho$  值也不同，它反映了不同材料的导电性能。一般来说， $\rho$  值越小，其导电性能越好。

导体的电阻不仅与导体的材料、几何尺寸有关，还与导体的温度有关。即

$$R_t = R_0 \cdot [1 + \alpha(t_t - t_0)]$$

式中： $R_0$  是温度为  $t_0$  时的电阻值， $R_t$  是温度为  $t_t$  时的电阻值， $\alpha$  是材料的电阻温度系数，它取决于导体的材料，不同材料的导体， $\alpha$  的大小也不同。其大小表示温度每升高 1 度时，电阻值增加的百分数，单位为  $1/^\circ\text{C}$ 。

电阻单位换算关系为：

$$1 \text{ 欧姆 (}\Omega\text{)} = 10^{-3} \text{ 千欧 (k}\Omega\text{)}$$

$$1 \text{ 千欧 (k}\Omega\text{)} = 10^{-3} \text{ 兆欧 (M}\Omega\text{)}$$

测量电路中电阻的大小，可以用欧姆表。测量时被测电阻必须与电路断开，尤其要断开电源线，否则有可能损坏欧姆表。每次换档后，表要重新调零。测量时，两只手不要同时接