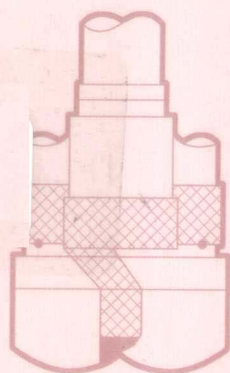
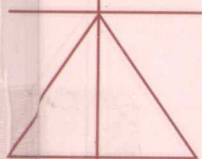


电 工 类 实 用 手 册 大 系

SHIYONG
DIANGONG CAILIAO
SHOUCE

邱立功 主编



实用电工材料手册

上海科学技术出版社

电工类实用手册大系

实用电工材料手册

邱立功 主编

上海科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

实用电工材料手册/邱立功主编. —上海:上海科学技术出版社, 2010. 6

(电工类实用手册大系)

ISBN 978-7-5478-0104-8

I. 实... II. 邱... III. 电工材料—技术手册
IV. TM2-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 209811 号

上海世纪出版股份有限公司 出版、发行
上 海 科 学 技 术 出 版 社

(上海钦州南路 71 号 邮政编码 200235)

新华书店上海发行所经销

苏州望电印刷有限公司印刷

开本 889×1194 1/32 印张 20.125 插页:4

字数:919 千字

2010 年 6 月第 1 版 2010 年 6 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5478-0104-8/TM·4

定价:60.00 元

本书如有缺页、错装或坏损等严重质量问题,
请向工厂联系调换

前 言

随着国民经济和现代科学技术的迅猛发展,我国电工的设计、制造、运行和控制技术发生了深刻的变革,一大批新原理、新材料、新结构、新工艺、新技术、新性能的产品得到广泛应用,新的应用和新的需求同时也推动着电工技术本身的迅速发展。面对新的形势,广大从事电气工程技术工作的人员迫切需要知识更新,特别是学习和掌握新的电工材料的性能及其选用知识。

在当前紧迫的形势下,上海科学技术出版社在做了广泛市场调研和读者调查的基础上,组织编写这本《实用电工材料手册》。

本手册以详实的资料,其中包括大量的插图、表格、数据,对常用的电工材料从分类、规格、性能和技术参数等方面作了较详尽的介绍,有较强的实用性。与同类书相比,具有内容紧凑、资料新颖、叙述详尽、通俗易懂、实用性强等特点。全册共分三十二章,主要内容包括:常用电工基础知识、导电材料、电线电缆、电阻合金、电热材料、热电偶材料、热双金属材料、弹性合金材料、膨胀合金材料、电触头材料、熔体材料、电碳材料及其制品、磁性材料的基础知识、软磁材料、永磁材料、绝缘材料基础知识、液体电介质、绝缘纸品、绝缘纤维制品、浸渍纤维制品、云母制品、电工用膜带及复合制品、电工用塑料及橡胶、浸渍纤维制品、无机绝缘新材料、电工用塑料及橡胶、磁记录材料、磁流体材料及磁光材料、发光材料、光电材料及压电材料。

本手册可供从事设计、施工、运行、维护的电气技术人员和电气技术工人查阅,也可供电气管理人员及有关大专院校师生参考。

编 者

目 录

第一章 常用电工基础知识	1.1	第四节 硅钼棒电热元件	5.14
第一节 常用名词	1.1	第五节 管状加热元件	5.18
第二节 常用电工计算公式	1.2	第六节 电热圈	5.24
第三节 常用计量单位及换算	1.19	第七节 远红外电热元件	5.28
第四节 常用物理量数据	1.26		
第五节 常用电工图形符号及文字 符号	1.27	第六章 热电偶材料	6.1
第二章 导电材料	2.1	第一节 常用热电偶及电偶丝	6.1
第一节 概述	2.1	第二节 补偿导线	6.8
第二节 铜及铜合金	2.7	第三节 特种热电偶	6.10
第三节 铝及铝合金	2.15	第四节 热电偶材料的选用	6.11
第四节 复合金属导体	2.20	第五节 热电偶材料的焊接	6.12
第三章 电线电缆	3.1	第七章 热双金属材料	7.1
第一节 裸电线	3.1	第一节 概述	7.1
第二节 电磁线	3.36	第二节 热金属材料类型与构成 方法	7.1
第三节 电气装备用电线电缆	3.70	第三节 热双金属片组合材料	7.2
第四节 电力电缆	3.93	第四节 常用热双金属片	7.6
第五节 控制电缆	3.117	第五节 特殊型热双金属片	7.8
第六节 信号电缆	3.134	第六节 热双金属片的牌号含义、尺 寸规格及质量要求	7.8
第七节 通信电缆	3.139	第七节 热双金属片的热处理及选 用	7.9
第八节 其他类型电缆	3.143		
第九节 母线	3.147	第八章 弹性合金材料	8.1
第四章 电阻合金	4.1	第一节 概述	8.1
第一节 调节元件用电阻合金	4.1	第二节 高弹性合金材料	8.2
第二节 精密元件用电阻合金	4.9	第三节 高温高弹性合金材料	8.8
第三节 电位器电阻合金	4.15	第四节 恒弹性合金	8.11
第四节 传感元件用电阻合金	4.17	第五节 耐腐蚀弹性合金材料	8.13
第五章 电热材料	5.1	第六节 铜基弹性合金材料	8.18
第一节 电热材料的品种及性能	5.1	第七节 常用弹性合金的品种、规 格	8.21
第二节 金属线带电热元件	5.4	第八节 弹性合金的选用	8.21
第三节 硅碳棒电热元件	5.9	第九节 弹性合金材料的表面清洗	8.22

第九章 膨胀合金材料	9.1	第四节 铁铝合金	14.12
第一节 膨胀合金的分类、名称、牌号、特点	9.1	第五节 软磁铁氧体	14.14
第二节 膨胀合金的技术性能	9.2	第六节 高饱和磁感应强度合金 ..	14.16
第三节 膨胀合金的品种、规格及尺寸公差	9.6	第七节 高硬度高电阻高磁导合金	14.18
第十章 电触头材料	10.1	第八节 磁温度补偿合金	14.19
第一节 电触头材料的分类、特性及用途	10.1	第九节 恒导磁合金	14.20
第二节 电触头材料的选用	10.8	第十节 非晶态软磁合金	14.21
第三节 电触头的尺寸	10.10	第十一节 纳米结晶软磁材料 ..	14.23
第四节 电触头接触形式	10.11	第十二节 其他磁性材料	14.23
第五节 电触头的焊接	10.11	第十三节 软磁材料的选用	14.25
第六节 银基电触头	10.13	第十四节 常用软磁材料的热处理及表面处理	14.26
第十一章 熔体材料	11.1	第十五章 永磁材料	15.1
第一节 熔体材料的种类与选用 ..	11.1	第一节 铝镍钴合金	15.1
第二节 纯金属熔体材料	11.1	第二节 铁氧体永磁材料	15.3
第三节 低熔点合金熔体材料	11.4	第三节 稀土钴永磁材料	15.6
第四节 熔体的结构及选用	11.5	第四节 磁滞合金材料	15.7
第十二章 电碳材料及其制品	12.1	第五节 钕铁硼合金	15.11
第一节 电碳材料的性质及主要用途	12.1	第六节 稀土系粘结永磁材料 ..	15.13
第二节 电机常用电刷	12.2	第七节 铁钴钕永磁合金	15.14
第三节 银石墨电刷	12.11	第八节 永磁材料的选用	15.15
第四节 航空电机用电刷	12.12	第九节 永磁体的充磁退磁及老化处理	15.16
第五节 其他电碳制品	12.17	第十节 永磁体的加工性能与简易测量方法	15.17
第十三章 磁性材料的基础知识	13.1	第十六章 绝缘材料基础知识	16.
第一节 磁性材料的分类	13.1	第一节 概述	16.
第二节 磁性材料的主要性能	13.1	第二节 绝缘材料的分类号及型号编制方法	16.
第三节 磁性材料的品种	13.4	第三节 绝缘材料特性	16.
第十四章 软磁材料	14.1	第十七章 气体电介质	17.
第一节 电工用纯铁及低碳钢	14.1	第一节 气体电介质的种类和特性	17.
第二节 电工用硅钢片	14.3	第二节 气体使用时应注意的问题	17.
第三节 铁镍合金	14.8		

第十八章 液体电介质	18.1	第一节 概述	25.1
第一节 概述	18.1	第二节 层压板	25.1
第二节 常用矿物绝缘油	18.2	第三节 层压管	25.8
第三节 常用合成绝缘油	18.4	第四节 电容套管芯	25.8
第四节 植物绝缘油	18.6	第五节 覆铜箔板	25.9
第五节 油的维护与净化	18.7	第六节 层压棒	25.13
第十九章 绝缘纸品	19.1	第二十六章 电工用塑料及橡胶	26.1
第一节 绝缘纸	19.2	第一节 电工用塑料	26.1
第二节 绝缘纸板	19.7	第二节 电工用橡胶	26.11
第三节 钢纸品	19.8	第二十七章 无机绝缘新材料	27.1
第二十章 绝缘纤维织品	20.1	第一节 石棉	27.1
第二十一章 绝缘浸渍材料	21.1	第二节 电工玻璃材料	27.1
第一节 绝缘漆	21.1	第三节 绝缘陶瓷材料	27.2
第二节 绝缘胶	21.13	第四节 绝缘子的选择	27.17
第三节 熔敷绝缘粉	21.17	第二十八章 超导电材料	28.1
第二十二章 浸渍纤维制品	22.1	第一节 概述	28.1
第一节 漆布	22.1	第二节 超导体的分类及特性	28.1
第二节 漆管	22.6	第三节 实用超导材料	28.4
第三节 绑扎带	22.6	第四节 低压超导体材料	28.6
第二十三章 云母制品	23.1	第五节 高 T_c 氧化物超导体	28.10
第一节 天然云母	23.1	第六节 超导磁体及超导技术的 应用	28.10
第二节 合成云母	23.2	第二十九章 磁记录材料	29.1
第三节 粉云母	23.3	第一节 磁头材料	29.1
第四节 云母带	23.4	第二节 磁记录介质材料	29.6
第五节 云母板	23.6	第三节 连续薄膜型介质	29.12
第六节 云母箔	23.9	第三十章 磁流体材料及磁光材料	30.1
第七节 云母玻璃	23.10	第一节 磁流体材料	30.1
第二十四章 电工用膜带及复合制品	24.1	第二节 磁光材料	30.4
第一节 电工薄膜	24.1	第三十一章 发光材料	31.1
第二节 薄膜复合箔	24.4	第一节 半导体发光材料	31.1
第三节 黏带	24.4	第二节 荧光粉材料	31.1
第二十五章 电工用层压制品	25.1	第三节 磷光体材料	31.2

第四节	激光材料	31.3	第三十二章	光电材料及压电材料 ...	32.1
第五节	液晶材料	31.5	第一节	光电材料	32.1
第六节	等离子材料	31.8	第二节	压电材料	32.6
第七节	电致发光材料	31.9			

第一章 常用电工基础知识

第一节 常用名词

导体 具有良好的传导电流能力的物体称为导体。通常导体分为两类：像金属以及大地、人体等，称为第一类导体；像酸、碱、盐的水溶液以及熔融的电解质等，称为第二类导体。

绝缘体 不善于传导电流的物体称为绝缘体。

半导体 导电性能介于金属和绝缘体之间的物体。随着杂质含量及外界条件（光照、温度或压强等）的改变，半导体的导电性能会发生显著变化。

电流 电荷的定向流动，它可以是由正电荷、负电荷或正、负电荷同时作有规则的移动而形成的。电流既是物理现象，又表示为一个物理量。

电流密度 通过垂直于电荷流动方向的单位面积上的电流大小。

电路 用导体把电源、用电元器件或设备连接起来，构成的电流通路称为电路。

电压 在静电场中，将单位正电荷从 a 点移到 b 点过程中电场力所做的功，在数值上等于这两点间的电压。又称这两点间的电势差或电位差。

电压降 又称电位降。是指沿有电流通过的导体或在有电流通过的电路中电位的减小。

电动势 将单位正电荷从负极通过电源内部移动到正极时非静电力所做的功。或者说，电源的电动势等于在外电路断开时电源两极间的电势差。

感应电动势 分为动生电动势和感生电动势。动生电动势是指组成回路的导体（整体或局部）在恒定磁场中运动时使回路中磁通量发生变化而产生的电动势；感生电动势是指固定回路中磁场发生变化使回路磁通量改变而产生的电动势。

电阻 通常解释为物质阻碍电流通过的能力。根据欧姆定律，导体两端的电压和通过导体的电流成正比，比值称为电阻。

电阻率 表征物质导电的特性参数。电阻率越小，导电本领越强。导体的电阻率会受到一些物理因素（如热、光、压力等）影响。

电导 表征物质导电特性的物理量。它是电阻的倒数。

电导率 电阻率的倒数。

电容 表征导体或导体系统容纳电荷的性能的物理量。

电感 自感与互感的统称。自感是指由通过闭合回路的电流变化所引起的穿过回路的磁通量发生变化而产生感应电动势的现象；互感是指一个闭合回路中电流变化使穿过邻近另一个回路中磁通量发生变化而在该回路中产生感应电动势的现象。

直流电 电荷流动方向不随时间改变的电流。

交流电 大小和方向随时间作周期性变动且在一个周期内平均值为零的电流，也称交变电流。

频率 周期的倒数。

瞬时值 交流电在任一时刻的量值。

有效值 交流电在一个周期内的方均根值。亦即，将交流电通过一电阻在一个周期内

消耗的能量,若与一直流电通过同一电阻在相同时间内消耗的能量相等,则此直流电的量值被定义为该交流电的有效值。

感抗 交流电通过具有电感的电路时,电感阻碍电流流过的作用。

容抗 交流电通过具有电容的电路时,电容阻碍电流流过的作用。

阻抗 交流电通过具有电感、电容和电阻的电路时,电感、电容和电阻共同阻碍电流流过的作用。

相位 交流电是随时间按正弦规律变动的物理量,用公式可表示为

$$i = I_m \sin(\omega t + \varphi)$$

式中 $\omega t + \varphi$ 为该交流电在某一瞬时 t 的相位,而 $\varphi(t=0)$ 称为初相。因相位常以角度表示,故又可称相角。 ω 称为角频率。

相位差 两个频率相同的正弦交流电的初相位之差也称为相角差。

瞬时功率 交流电路中任一瞬间的功率。

视在功率 在具有电阻和电抗的电路中,电压与电流有效值的乘积。

有功功率 交流电路功率在一个周期内的平均值,为平均功率。它实质上反映了电路从电源取得的净功率。

无功功率 在具有电感或电容的电路中,反映电路与外电源之间能量反复授受的程度。实质上是指只与电源交换而不消耗的那部分能量。

功率因数 有功功率与视在功率的比值。

相电压 在三相交流系统中,任一根火线与中性线之间的电压。

线电压 在三相交流系统中,任两根火线之间的电压。

相电流 在三相负载中,每相负载中流过的电流。

线电流 三相电源线各线中流过的电流。

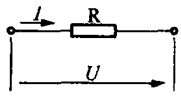
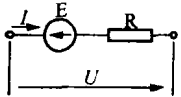
磁感应强度 在磁场中的某一点,单位正电荷以单位速度向着与磁场方向相垂直的方向运动时所受到的磁场力。

第二节 常用电工计算公式

一、电路的基本定律

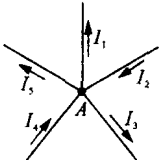
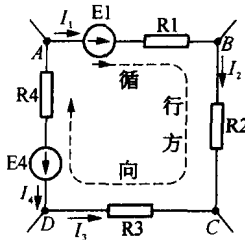
1. 欧姆定律(表 1-1)

表 1-1 欧姆定律

电 路	公 式	说 明
部分电路 	$I = \frac{U}{R}$	在一段无源电路中,通过的电流 I 与两端的电压 U 成正比,与电路电阻 R 成反比
全电路 	$I = \frac{-E+U}{R}$	在一段有源电路中,电流 I 、外加电压 U 与电动势 E 三者之间的关系 与电流 I 方向相同的 E 、 U 为正,反之为负

2. 基尔霍夫定律(表 1-2)

表 1-2 基尔霍夫定律

	基尔霍夫电流定律	基尔霍夫电压定律
含义	任意节点处,流入与流出该节点的电流的代数和等于零,即 $\sum I = 0$	沿某循行方向的任一回路中,电动势的代数和等于电压的代数和,即 $\sum E = \sum U$ 与循行方向一致的 E 、 U 为正,反之为负
举例	 对节点 A 有 $\sum I = I_1 - I_2 + I_3 - I_4 + I_5 = 0$	 沿循行方向 ABCD 有 $E_1 - E_4 = I_1 R_1 + I_2 R_2 - I_3 R_3 - I_4 R_4$

3. 焦耳—楞次定律

电流通过导体时所产生的热量与电流的平方、这一电路的电阻以及通过电流的时间成正比,即

$$Q = I^2 R t = I U t = \frac{U^2}{R} t$$

式中 Q ——热量(J);

I ——电流(A);

R ——电阻(Ω);

U ——电压(V);

t ——时间(s)。

二、电路元件的计算公式

1. 电阻和电导(表 1-3)

表 1-3 电阻与电导

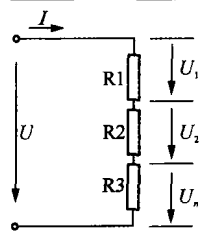
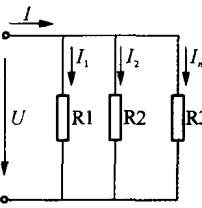
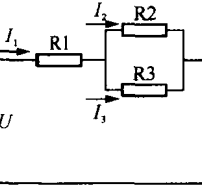
项 目	计 算 公 式	说 明
导体电阻	$R = \rho \frac{l}{A}$	R ——导体的电阻(Ω) ρ ——导体的电阻率($\Omega \cdot \text{m}$) l ——导体的长度(m) A ——导体的横截面积(m^2)

(续表)

项 目	计 算 公 式	说 明
电阻与温度的关系	$R_2 = R_1[1 + \alpha(t_2 - t_1)]$	R_1 ——温度为 t_1 时导体的电阻(Ω) R_2 ——温度为 t_2 时导体的电阻(Ω) α ——温度为 t_1 时的导体电阻温度系数($1/^\circ\text{C}$) t ——温度($^\circ\text{C}$)
电导与电导率	$G = \frac{1}{R}$ $\sigma = \frac{1}{\rho}$	G ——导体的电导(S) σ ——导体的电导率(S/m)

2. 电阻的连接(表 1-4)

表 1-4 电阻的连接

方式	电 路 图	计 算 公 式	说 明
串联		$R = R_1 + R_2 + \dots + R_n$ $U = U_1 + U_2 + \dots + U_n$ $U_i = IR_i = \frac{R_i}{R}U$ $(i = 1, 2, \dots, n)$ $I = I_1 = I_2 = \dots = I_n$	总电阻等于各电阻之和 总电压等于各段电压之和 各支路电流等于总电流
并联		$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}$ $U = U_1 = U_2 = \dots = U_n$ $I = I_1 + I_2 + \dots + I_n$ $I_i = \frac{U}{R_i} = \frac{IR}{R_i}$ $(i = 1, 2, \dots, n)$	总电阻的倒数等于各电阻倒数之和 各电阻两端的电压等于外加电压 总电流等于各支路电流之和 并联电阻上的电流分配与电阻成反比
复联		$R = R_1 + \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3}$ $I_2 = \frac{R_3}{R_2 + R_3} I_1$ $I_3 = \frac{R_2}{R_2 + R_3} I_1$ $I_1 = I_2 + I_3$	

3. 电容的计算公式及电容连接(表 1-5、表 1-6)

表 1-5 电容的计算公式

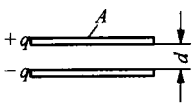
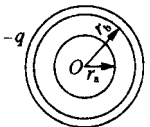
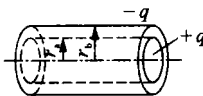
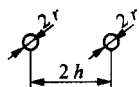
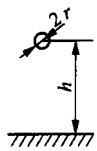
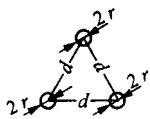
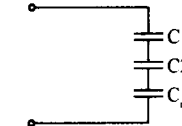
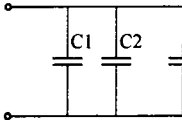
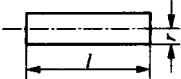
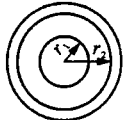
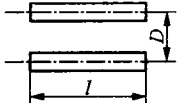
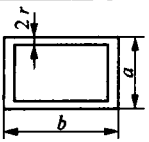
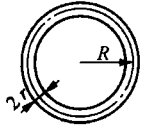
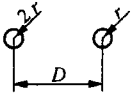
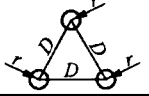
项 目	图 形	计 算 公 式	说 明
电 容 器	—	$C = \frac{Q}{U}$	Q ——电荷量(C) U ——电压(V) C ——电容(F)
平 板 电 容		$C = \frac{\epsilon A}{d}$	A ——极板面积(m^2) d ——极板间的距离(m) $\epsilon = \epsilon_0 \epsilon_r$ $\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12}$ (F/m) ϵ_r ——介电常数 (F/m)
球 形 电 容		$C = \frac{4\pi\epsilon r_a r_b}{r_b - r_a}$ $r_b \rightarrow \infty$ 时 $C = 4\pi\epsilon r_a$	r_a ——内球外表面的半径(m) r_b ——外球内表面的半径(m)
圆 柱 形 电 容		$C = \frac{2\pi\epsilon l}{\ln \frac{r_b}{r_a}}$	l ——电容器长度(m) r_a ——内柱外表面的半径(m) r_b ——外柱内表面的半径(m)
两 导 线 间 电 容		$C = \frac{\pi\epsilon l}{\ln \left(\frac{2h}{r} \right)}$	l ——导线长度(m) $2h$ ——导线轴线间的距离(m) r ——导线的半径(m)
导 线 对 地 电 容		$C = \frac{2\epsilon l}{\ln \left(\frac{2h}{r} \right)}$	l ——导线长度(m) h ——导线与地面距离(m) r ——导线的半径(m)
三 相 导 线 间 的 电 容		$C = \frac{2\pi\epsilon l}{\ln \left(\frac{d}{r} \right)}$	d ——导线间的距离(m) r ——导线的半径(m)
可 变 电 容 器		$C = (n-1)\epsilon \frac{A}{d}$	n ——极板片数 A ——极板面积(m^2) d ——极板间的距离(m)

表 1-6 电容的连接

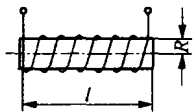
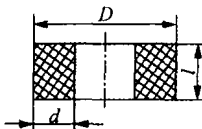
方式	电路图	计算公式	说 明
串联		$C = \frac{1}{\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots + \frac{1}{C_n}}$	C —— 总电容 C _i —— 各个电容器的电容量
并联		$C = C_1 + C_2 + \dots + C_n$	

4. 几种典型电感计算公式及电感连接(表 1-7、表 1-8、表 1-9)

表 1-7 几种典型结构的电感计算公式

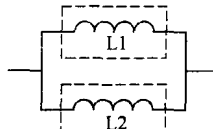
项目	图 形	计算公式	说 明
圆截面直导线		$L = \frac{\mu_0 l}{2\pi} \left(\ln \frac{2l}{r} - 0.75 \right)$	$r \ll l$ l —— 直导线段的长度(m) r —— 导线半径(m)
同轴电缆		$L = \frac{\mu_0 l}{2\pi} \left(\ln \frac{r_2}{r_1} + \frac{1}{4} \right)$	l —— 电缆长度(m)
两平行直导线互感		$M = \frac{\mu_0 l}{2\pi} \left(\ln \frac{2l}{D} - 1 \right)$	导线半径 $\ll D$ $D \ll l$ M —— 互感
矩形线圈		$L = \frac{\mu_0}{\pi} \left[a \ln \frac{2ab}{r(a+b)} + b \ln \frac{2ab}{r(b+d)} + 2d - 1.75(a+b) \right]$	r —— 导线半径(m) $d = \sqrt{a^2 + b^2}$ $r \ll a, r \ll b$
圆 环		$L = \mu_0 R \left(\ln \frac{8R}{r} - 1.75 \right)$	r —— 圆环截面的半径 R —— 圆环的半径 $r \ll R$
两平行导线		$L = \frac{\mu_0 l}{\pi} \left(\ln \frac{D}{r} + \frac{1}{4} \right)$	l —— 导线长度(m) $r \ll D, D \ll l$
三相导线		$L = \frac{\mu_0 l}{2\pi} \left(\ln \frac{D}{r} + \frac{1}{4} \right)$	l —— 导线长度(m) D —— 导线间距离(m) $r \ll D$

(续表)

项目	图 形	计 算 公 式	说 明
长螺管线圈		$L = \frac{\mu_0 N^2 A}{l}$	N ——匝数, $l/R > 40$ A ——螺管横截面积 (mm^2)
短螺管线圈		$L = \frac{6.4 \mu_0 N^2 D^2}{3.5 D + 8 l} \times \frac{D - 2.25 d}{D}$	N ——匝数

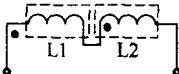
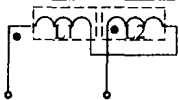
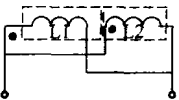
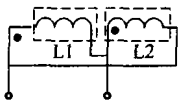
 注: μ_0 —磁导率。

表 1-8 无互感线圈的连接

方式	电 路 图	计 算 公 式	说 明
串联		$L = L_1 + L_2 + \dots$	$L_1, L_2, \dots$ ——无互感效应的各线圈电感 L ——等效总电感
并联		$\frac{1}{L} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \dots$	

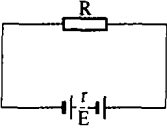
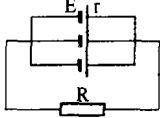
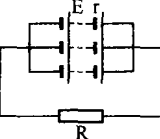
注: 所谓无互感线圈, 即线圈本身有屏蔽, 两线圈之间没有互感。

表 1-9 有互感线圈的连接

方 式		电 路 图	计 算 公 式	说 明
串联	顺串		$L = L_1 + L_2 + 2M$	M ——线圈的互感量, 均为正值
	反串		$L = L_1 + L_2 - 2M$	
并联			$L = \frac{L_1 L_2 - M^2}{L_1 + L_2 - 2M}$	
				

5. 电池的串联及并联(表 1-10)

表 1-10 电池的串联和并联

方式	电路图	计算公式	说 明
串联		$I = \frac{nE}{R + nr}$ 当 $R \gg r$ 时 $I \approx \frac{nE}{R}$ 当 $R \ll r$ 时 $I \approx \frac{E}{r}$	R ——外加电阻(Ω) r ——电源的内电阻(Ω) E ——电源电压(V) I ——电路中的电流(A) n ——每串电池数 n 个电池串联后又与 m 串电池并联
并联		$I = \frac{E}{R + \frac{r}{n}}$ 当 $R \gg r$ 时 $I \approx \frac{E}{R}$ 当 $R \ll r$ 时 $I \approx \frac{nE}{r}$	
复联		$I = \frac{nE}{R + \frac{nr}{m}}$	

6. 直流电路的功和功率(表 1-11)

表 1-11 直流电路的功和功率

项 目	计 算 公 式	说 明
功	$W = UIt = I^2 R t = \frac{U^2}{R} t (\text{J})$	U ——电压(V) I ——电流(A)
功率	$P = UI = I^2 R = \frac{U^2}{R} (\text{W})$	R ——电阻(Ω) t ——时间(s)

三、交流电路

1. 正弦交流电的波形、有效值和平均值(表 1-12)

表 1-12 正弦交流电的有效值、平均值

项 目	表 达 式	说 明
电流的有效值 电压的有效值 电动势的有效值	$I = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T i^2 dt} = I_m / \sqrt{2}$ $U = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T u^2 dt} = U_m / \sqrt{2}$ $E = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T e^2 dt} = E_m / \sqrt{2}$	I_m ——电流的最大值 U_m ——电压的最大值 E_m ——电动势的最大值
电流的平均值 电压的平均值 电动势的平均值	$I_a = \frac{2}{\pi} I_m$ $U_a = \frac{2}{\pi} U_m$ $E_a = \frac{2}{\pi} E_m$	

正弦交流电的波形图如图 1-1 所示, 图中

$$T \text{——周期(s), } T = \frac{1}{f} = \frac{2\pi}{\omega};$$

$$f \text{——频率(Hz), } f = \frac{1}{T} = \frac{\omega}{2\pi};$$

$$\omega \text{——角频率(rad/s), } \omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f;$$

I_m ——正弦交流电波形中的最大值。

正弦交流电的电流、电压、电动势的瞬时值分别表示为

$$i = I_m \sin(\omega t + \phi_i)$$

$$u = U_m \sin(\omega t + \phi_u)$$

$$e = E_m \sin(\omega t + \phi_e)$$

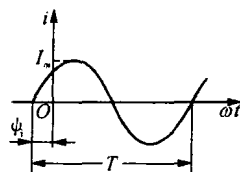


图 1-1 正弦交流电的波形

式中 I_m, U_m, E_m ——电流、电压、电动势的最大值;

ϕ_i, ϕ_u, ϕ_e —— i, u, e 的初相角;

ω ——角频率;

t ——时间。

2. 纯电阻、纯电容、纯电感电路的电量关系(表 1-13)

表 1-13 纯电阻、纯电容、纯电感电路的电量关系

项 目	纯电阻电路	纯电容电路	纯电感电路
电路图			
电阻与电抗	电阻 R	容抗 $X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi fC}$	感抗 $X_L = \omega L = 2\pi fL$
电流、电压的瞬时值关系	$u_R = iR$	$u_C = \frac{1}{C} \int i dt$	$u_L = L \frac{di}{dt}$
电流、电压的有效值关系	$U_R = IR$	$U_C = IX_C$	$U_L = IX_L$
电流、电压相量图			
电流、电压的复数关系	$U = IR$	$U_C = -j \frac{1}{\omega C} I = -j X_C I$	$U_L = j \omega L I = j X_L I$
平均功率 P	$P_R = U_R I = I^2 R$	$P_C = 0$	$P_L = 0$
无功功率 Q	$Q_R = 0$	$Q_C = U_C I = I^2 X_C$	$Q_L = U_L I = I^2 X_L$
功率因数	$\cos \varphi_R = 1$	$\cos \varphi_C = 0$	$\cos \varphi_L = 0$