

Diangong
Jishu Sucha Shouce

电工技术 速查手册



◎ 訾贵昌 主编

◎ 庄荣富 卢新茹 副主编



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

电工技术速查手册

詹贵昌 主编

庄荣富、卢新茹 副主编

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本手册的特点是简明、实用、查找资料快捷。该手册内容新颖,突出新技术、新材料和新设备。手册内容表达方式尽可能采用表格方式,便于读者查找。

本手册共8章,分别介绍了电路、磁路基础知识、常用量仪、变压器与电动机其计算实例、常用电工材料、常用低压电器、工厂供配电技术、电子技术基础和实用数据资料等内容。

本手册可供工矿企业电工,从事电气设计、制造、维修的电气工程技术人员和大专院校的学生及相关专业工程技术人员使用。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

电工技术速查手册/菅贵昌主编. —北京:电子工业出版社,2009.6
ISBN 978-7-121-08802-5

I. 电… II. 菅… III. 电子技术—技术手册 IV. TM—62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 073256 号

策划编辑:李 洁

责任编辑:贾晓峰

印 刷:涿州市京南印刷厂

装 订:涿州市桃园装订有限公司

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:880×1230 1/64 印张:10.75 字数:578 千字

印 次:2009 年 6 月第 1 次印刷

印 数:5 000 册 定价:30.00 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 zlts@phei.com.cn,盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010)88258888。

前 言

随着科学技术的发展,电工技术和现代化工业生产联系越来越密切,出现了许多新型设备。新型设备的广泛使用,给广大从事电气设计、制造、维修的电气工程技术人员提出了新的挑战。为了使广大电气工程技术人员更好掌握电工新技术、新设备、新工艺及在电气设计、制造、维修过程中能迅速查到所需的设备和有用的技术数据,我们出版了电工技术速查手册。该手册是编者在多年教学和科研工作中经验积累的基础上对技术资料进行收集和整理编写而成的。

该手册的特点是简明、实用、查找资料快捷。手册内容新颖,突出新原理、新材料和新设备。手册内容表达方式尽可能采用表格方式,便于读者查找。

该手册共8章,分别介绍了电路、磁路基础知识、常用量仪、变压器与电动机及其计算实例、常用电工材料、常用低压电器、工厂供配电技术、电子技术基础和实用数据资料等内容。

本手册由訾贵昌任主编,庄荣富、卢新茹任副主编,参与编写的还有邢景富、张玲玲、吴占和、邵淑华和李志新。其中张玲玲编写第一章,吴占和编写第二章,卢新茹编写第三章,邵淑华编写第四章,訾贵昌编写第五章和第八章,邢景富编写第六章,庄荣富编写第七章,李志新编写第八章。

由于作者水平有限,手册中难免有疏漏之处,敬请同仁和广大读者批评指正。

编 者

2008年9月

目 录

第一章 电路、磁路基础知识

第一节 电路、磁路的基本概念	1	电路	27
第二节 电路元件和基本定律	10	第六节 三相正弦交流电路	43
第三节 电路的等效变换	17	第七节 非正弦周期电流电路	46
第四节 电路定理	22	第八节 一阶动态电路的过渡过程	50
第五节 单相正弦交流		第九节 磁路基础知识 ...	51

第二章 常用量仪

第一节 常用电工测量指示仪表符号	63	第二节 常用测量仪表的使用	68
------------------------	----	---------------------	----

第三章 变压器与电动机及其计算实例

第一节	变压器的基本知识	153	第四节	直流电动机的基本知识	178
第二节	变压器的基本计算	167	第五节	三相异步电动机的基本知识	200
第三节	特殊用途的变压器	169	第六节	其他电动机	249
			第七节	计算实例	257

第四章 常用电工材料

第一节	电工材料的分类	271		材料	293
第二节	常用导电材料	271	第四节	常用磁性材料	306
第三节	常用电工绝缘材料	319	第五节	其他电工材料	319

第五章 常用低压电器

第一节	低压电器的用途与分类	342		器	344
第二节	低压配电		第三节	低压控制电器	383

第六章 工厂供配电技术

第一节	电力系统及电力 负荷计算	432	第四节	工厂电气设备的 选择	492
第二节	工厂供配电系 统	468	第五节	工厂继电保护整 定计算	516
第三节	电力系统短路电 流的计算	475	第六节	防雷与接地体接 地电阻的计算	531

第七章 电子技术基础

第一节	常用电子器件及 其应用	544	第四节	常用数字电路及 应用	602
第二节	整流、滤波及放大 电路的技术指标	586	第五节	电力电子变流电 路	622
第三节	集成运算放大 电路的应用	595	第六节	电力电子技术在工 业控制中的应用	631

第八章 实用数据资料

第一节	常用单位及 其换算	641	第三节	电气技术中的图 形与符号	663
第二节	常用物理化学 资料	650	第四节	电气额定值 等级	677

第一章 电路、磁路基础知识

第一节 电路、磁路的基本概念

1. 电路有关名词概念

电路：为了完成某种功能，将一些电气元器件按照一定的方式连接起来，形成电流的通路，称为电路。

电场：电荷（或带电体）处在其他带电体周围时，将会受到电场力的作用，即说明在带电体周围存在电场。

电场强度：表示电场强弱的物理量，数值上等于单位正电荷在该点处所受到的电场力，方向是正电荷受力方向，用字母 E 表示，单位为 V/m 。

击穿：电介质在电场的作用下发生剧烈放电或导电的现象称为击穿。

绝缘强度：又称击穿电场强度，电介质不被击穿所能承受的极限电场强度。

介电常数：表示物质绝缘性能的一个物理量，用字母 ϵ 表示，单位为 F/m （法拉/米）。

相对介电常数：任一物质的介电常数 ϵ 与真空介电常数 ϵ_0 之比值称为相对介电常数，用符号 ϵ_r 表示。

导体：内部电荷（或带电粒子）能够自由移动的物体称为导体，导体的电导率很大。

绝缘体：又称电介质，电导率很小的物体称为绝缘体。

半导体：导电性能介于导体和绝缘体之间的物体称为半导体，如硅、锗等。

电流：带电粒子在电场力的作用下，有规律地定向移动形成了电流。电流用单位时间内通过导体横截面的电荷量来计算，用字母 i 或 I 表示，单位为 A 。对于直流电流， $I = \frac{Q}{t}$ 。

电流的方向：将正电荷移动的方向规定为电流的方向。

电流密度：单位横截面上通过的电流大小，称为电流密度。单位为 A/mm^2 。

电流的参考方向：某一元器件的电流 i 的实际方向只有两种可能，可以任意指定其中一种作为参考方向，用实线箭头标出，还可用双下标表示。这时，将电流看成代数量。如果电流 i 的实际方向（见虚线箭头）与参考方向（见实线箭头）一致，则电流为正值，即 $i > 0$ （如表 1-1（a）所示）；如果电流 i 的实际方向与参考方向相反，则电流为负值，即 $i < 0$ （如表 1-1（b）所示）。这样，在选定电流参考方向下，电流值的正和负就反映出电流的实际方向。

电位：在电场中单位正电荷在电场力的作用下，由 A 点移到参考点时，电场力所做的功（或所减少的电位能），称为 A 点对参考点的电位。单位为 V。进行理论研究时，常取多条导线的连接点作为电位的参考点；在实用工程中，常取大地作为电位的参考点。

电压：是衡量电场力做功能力的物理量，在电场中，单位正电荷在电场力的作用下，由 A 点移到 B 点时，电场力所做的功（或所减少的电位能），称为 A、B 两点之间的电压，用字母 u 或 U 表示，单位为 V。对于直流电压， $U = \frac{W}{Q}$ 。电路中两点之间的电压就是这两点之间的电位差。

电压的方向：将电位降〔低〕的方向规定为电压的方向。

电压的参考方向：电路中两点之间的电压也可以选定参考方向或参考极性。两点之间的电压参考方向可以用正（+）、负（-）极性表示，正极指向负极的方向就是电压的参考方向。指定电压的参考方向后，电压就成为一个代数量。如果 A 点电位高于 B 点电位，即电压的实际方向是由 A 到 B，与参考方向一致，则电压 $u > 0$ ；如果实际电位是 B 点高于 A 点，即电压的实际方向与参考方向相反，则 $u < 0$ 。还可使用双下标表示电压的参考方向，有时也用实线箭头表示。

关联参考方向：一个元器件的电压和电流的参考方向一致，即电流的参考方向是从电压的“+”极性端指向“-”极性端，把电流和电压的这种参考方向称为关联参考方向，如表 1-1 所示。当二者参考方向不一致时，称为非关联参考方向。

表 1-1 电流的参考方向和关联参考方向

名 称	图 示
电流的参考方向	(a) $i > 0$ (b) $i < 0$
关联参考方向	(a) (b)

电动势：在电源内单位正电荷在非电场力的作用下，由低电位点移到高电位点时，非电场力所做的功（或所增加的电位能），称为电源电动势。用字母 E 表示，单位为 V 。

电动势的方向：将电位升 [高] 的方向规定为电动势的方向。

直流电（又称直流量）：大小和方向不随时间变化的电流称为直流电。

周期电流（简称周期量）：大小和方向随时间做周期性变化的电流，称为周期电流。

交流电（又称交流量）：大小和方向随时间做周期性变化，且一个周期内平均值为零的电流称为交流电。

电能（电功）：电场力或非电场力对电荷所做的功称为电功，即电路转换的电能。用字母 W 表示，单位为 J（焦耳）和 $\text{kW} \cdot \text{h}$ （千瓦时）。 $W = Pt = UIt$ ，其中 P 为电功率。

电功率：电路在单位时间内（1s）所做的功称为该电路的电功率，即单位时间内电路转换的电能。用字母 P 表示， $P = \frac{W}{t} = UI$ ，单位为 W（瓦特）和 kW（千瓦）。

电阻：导体能导电，同时对电流又有阻碍作用。把导体阻碍电流通过的能力称为电阻。用字母 R 表示，单位为 Ω 。

电阻率：又称电阻系数，是衡量物体导电性能好坏的一个物理量。用字母 ρ 表示，单位为 $\Omega \cdot \text{m}$ 。其数值是指长度为 1m、横截面为 1mm^2 的均匀导体在温度为 20°C 时所具有的电阻值，即为该导体的电阻率。

电阻的温度系数：是表示物体电阻率随温度变化的物理量，其数值等于温度每升高 1°C 时，电阻率的变化量与原来电阻率的比值，用字母 α 表示，单位为 $1/^\circ\text{C}$ 。

电导：导体传导电流的能力称电导。电导值等于电阻值的倒数，即 $G = \frac{1}{R}$ 。用字母 G 表示电导，单位为 S（西门子）。

电导率：又称电导系数，也是衡量物体导电性能好坏的一个物理量。用字母 γ 表示，单位为 S/m（西门子/米）。其数值等于电阻率的倒数。

正弦交流电（又称正弦交流量）：随时间按正弦规律变化的交流电流称为正弦交流电。

非正弦交流电（又称非正弦交流量）：随时间不按正弦规律变化的交流电流称为非正弦交流电。

脉动直流电：大小随时间变化而方向不变的电流称为脉动直流电。

周期：交流电每变化一周所需的时间称为周期。用字母 T 表示，单位为 s （秒）。

频率：交流电在 $1s$ 时间内变化的次数称为频率。用字母 f 表示，单位为 Hz （赫兹）。

角频率：交流电的相位角随时间变化的速率称为角频率，即角速度。用字母 ω 表示，单位为 rad/s （弧度/秒）。

瞬时值：交流电在任一瞬间的数值称为瞬时值。用小写字母表示，如 i 、 u 、 e 分别表示交流电流、电压、电动势的瞬时值。

最大值：交流电瞬时值中的最大数值称为最大值，也称振幅或幅值。用带下标 m 的大写字母表示，如 I_m 、 U_m 、 E_m 分别表示交流电流、电压、电动势的最大值。

有效值：如果某一交流电流通过某一电阻经过一定时间所产生的热量等于某一直流电流通过同一电阻在相同时间内所产生的热量，则该直流电流的数值就称为该交流电流的有效值，即交流电的有效值就是与它的热效应相当的直流值。用大写字母表示，如 I 、 U 、 E 分别表示交流电流、电压、电动势的有效值。

平均值：交流电的平均值是指绝对平均值，即交流电在一个周期内，其绝对值的平均值。正弦交流电的平均值通常指正半周内的平均值。用带下标 av 的大写字母表示，如 I_{av} 、 U_{av} 、 E_{av} 分别表示交流电流、电压、电动势的平均值。

自感：当闭合线圈中的电流发生变化时，使穿过线圈本身的磁通随之发生变化，在线圈中将产生感应电动势，这种电磁感应现象称为自感。此感应电动势称为自感电动势。穿过线圈所包围面积的磁通与产生该磁通的电流的比值，称为线圈的自感系数，简称自感，其数值等于单位电流（ $1A$ ）流过线圈时，产生的穿过该线圈的磁通量。用字母 L 表示，单位为 H （亨利）。

互感：两只相邻线圈，当任一线圈中的电流发生变化时，也使穿过

另一线圈的磁通随之发生变化,在另一线圈中将产生感应电动势,这种电磁感应现象称为互感(也称磁耦合)。由此产生的感应电动势称为互感电动势。穿过另一线圈所包围面积的磁通与产生该磁通的电流的比值,称做两线圈的互感系数,简称互感。用字母 M 表示,单位为 H (亨利)。

电感: 自感与互感统称为电感。

同名端: 当两个互感线圈同时通入电流时,使每个线圈中的自感磁通链和互感磁通链方向一致(互感起增助作用),则流入电流的两个端钮称为互感线圈的同名端。常用符号“·”或“*”标记(显然剩下未做标记的两个端钮也互为同名端)。当有交变磁通同时穿过两个互感线圈时,在两个线圈上产生的感应电动势的同极性端必为同名端。

电容: 凡是用绝缘介质隔开两个导体就构成一个电容器。两个极板在单位电压(1V)作用下每一极板上所储存的电荷量称做该电容器的电容,用字母 C 表示,单位为 F (法拉)。

感抗: 交流电流过具有电感的电路时,电感有阻碍交流电流过的作用,这种作用称感抗,用字母 X_L 表示,单位为 Ω 。

感纳: 具有电感的电路有传导交流电流的能力,这种能力称感纳。感纳值等于感抗值的倒数,即 $B_L = \frac{1}{X_L}$ 。用字母 B_L 表示,单位为 S (西门子)。

容抗: 交流电流过具有电容的电路时,电容有阻碍交流电流过的作用,这种作用称容抗,用字母 X_C 表示,单位为 Ω 。

容纳: 具有电容的电路有传导交流电流的能力,这种能力称容纳。容纳值等于容抗值的倒数,即 $B_C = \frac{1}{X_C}$ 。用字母 B_C 表示,单位为 S (西门子)。

阻抗: 交流电流过具有电阻、电感和电容的电路时,电路有阻碍交流电流过的作用,这种作用称阻抗,用字母 $|Z|$ 表示,单位为 Ω 。

导纳: 具有电阻、电感、电容的电路有传导交流电流的能力,这种

能力称导纳。导纳值等于阻抗值的倒数。用字母 $|Y|$ 表示, 即 $|Y| = \frac{1}{|Z|}$, 单位为 S (西门子)。

瞬时功率: 交流电路任一瞬间的功率称为瞬时功率, 用小写字母 p 表示, 单位为 W 或 kW。

有功功率: 也称平均功率, 交流电路瞬时功率在一个周期内的平均值称为平均功率, 在电路中电阻从电源处吸收电能, 电阻将吸收的电能全部转换成热能等能量消耗掉, 不会再送还电源。平均功率是电路中电阻消耗的电功率, 也称有功功率, 用大写字母 P 表示, 单位为 W 或 kW。

无功功率: 具有电感 (或电容) 的正弦交流电路中, 在交流电半个周期内, 电感 (或电容) 先是吸收电源的能量将其变成磁场 (或电场) 能量储存起来, 然后再把储存的磁场 (或电场) 能量释放给电源, 电感 (或电容) 只与电源进行能量交换而不消耗能量。把与电源交换能量的速率的最大幅值称做无功功率, 用大写字母 Q 表示, 单位为 var 或 kvar。

视在功率: 正弦交流电路中, 电压和电流的有效值的乘积称为视在功率, 用大写字母 S 表示, 单位为 VA 或 kVA。

功率因数: 正弦交流电路中, 有功功率与视在功率的比值称为功率因数, 用 λ 或 $\cos\varphi$ 表示。

效率: 能量在传输或转换的过程中总要损耗一部分, 即输出小于输入。把输出能量与输入能量的比值称做效率, 用字母 η 表示。

对称三相正弦量: 三个频率相同、有效值相等而相位互差 120° 的正弦量, 称为对称三相正弦量。

相电压: 三相交流电路中, 相线与中性线之间的电压称为相电压。

线电压: 三相交流电路中, 相线与相线之间的电压称为线电压。

相电流: 三相交流电路中, 每一相中流过的电流称为相电流。

线电流: 三相交流电路中, 三根端线中流过的电流称为线电流。

2. 磁路有关名词概念

磁场：在磁铁或载流导体周围的空间存在着磁场，处在磁场中的其他磁性物质或载流导体将受到磁场力的作用而运动。受力方向根据左手定则判断。

电磁力：载流导体在外磁场中将受到力的作用，这种力称为电磁力。用字母 F 表示，单位为 N（牛顿）。

磁感应强度（又称磁通密度）：是表示磁场大小及方向的物理量，它的方向即是磁场的方向，是放于该点的小磁针 N 极指向。它的大小等于单位长度（1m）的载流直导体与磁场垂直放置并通过单位电流（1A）时导体所受到的磁场力。用大写字母 B 表示，即 $B = \frac{F}{Il}$ ，单位为 T（特斯拉）。

磁通：是垂直于磁场方向的面积上磁感应强度的总量。若磁场均匀，且与面积垂直，则磁通等于磁感应强度与垂直于磁场方向的面积的乘积。用字母 Φ 表示，即 $\Phi = BS$ ，单位为 Wb（韦伯）。

磁场强度：是表示磁场大小和方向的物理量。磁场强度的闭合线积分等于该闭合回线所包围的所有电流的代数和，与传导磁场的介质无关。用字母 H 表示， $H = \frac{B}{\mu}$ ，单位为 A/m。

磁导率：衡量物质导磁性能的一个物理量，用字母 μ 表示，单位为 H/m。真空的磁导率为 $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ H/m}$ 。

相对磁导率：任一物质的磁导率 μ 与真空磁导率 μ_0 之比值称为该物质的相对磁导率，用符号 μ_r 表示，即 $\mu_r = \frac{\mu}{\mu_0}$ 。

磁阻：磁路对磁通所起的阻碍作用称为磁阻，用字母 R_m 表示，单位为 1/H。

磁滞回线：当铁磁物体的磁化磁场周期性变化时，铁磁体被反复磁化。其磁感应强度与磁场强度的关系是一条对称于原点的闭合曲线，称为磁滞回线。

磁滞：铁磁体在反复磁化的过程中，其磁感应强度的变化总是滞后于磁场强度的变化，这种现象称磁滞。

磁滞损耗：铁磁体在交变磁化过程中，磁畴反复改变方向，使铁磁体内的分子热运动加剧，同时消耗一定的能量并转换为热能。这种能量损耗称为磁滞损耗。

剩磁：处在磁场中的铁磁物质当移去磁场后，仍会保留一定的磁性称为剩磁。

涡流：处在变化磁场中的导电物质内部将产生感应电流，以反抗磁通的变化，这种感应电流称为涡流。

涡流损耗：涡流流过导电物质内部，将产生电能损耗，并转换成热能，这种能量损耗称为涡流损耗。

3. 与电、磁有关的现象

电流的热效应：电流通过导体时，由于导体电阻而产生电能损耗，并转换成热能，这种效应称为电流的热效应。电炉就是利用这一原理制成的。

电流的磁效应：电流在其周围空间产生磁场，当载流导体处于该磁场中时，将受到力的作用，这种效应称为电流的磁效应。电动机、电磁测量仪表等都是利用这一原理制成的。

电流的化学效应：电流通过盐类、碱类和酸类的溶液，使其分解，将电能转换成化学能或其他形式的能量，这种作用称为电流的化学效应。电镀就是利用这一原理。

静电感应：导体在其附近电荷的作用下感应带电，靠近附近电荷的一端感应出与之符号相反的电荷，另一端则感应出与之符号相同的电荷，且正、负电荷的数量相同，将这种现象称为静电感应。

电磁感应：当穿过一导体的闭合磁通发生变化时，导体内就会产生感应电动势，这种现象称为电磁感应，由电磁感应产生的电动势称做感应电动势。变压器就是利用电磁感应原理制成的。

趋表效应：又称集肤效应，当高频电流通过导体时，电流将集中在

导体表面流通，这种现象称为趋表效应。深槽笼式异步电动机就是利用这一原理来改善启动性能的。

热电效应：将两根不同的金属导线的两端分别连接起来，形成一闭合回路。若在其一端加热，另一端冷却，闭合回路中将产生电流。此外，在一段均匀导体上有很高的温差存在时，导体两端会有电动势出现，这种现象称为热电效应。工业上测高温用的热电式仪表就是利用这一原理制成的。

光电效应：光线被物质吸收而产生的效应称为光电效应。太阳能电池、光电管等都是利用这一原理制造的。

压电效应：对石英、酒石酸钾钠等晶体的表面施加压力，在两个受力面上将产生异性电荷，形成电位差；反之，这些晶体处于交变的电场中将产生振动，这种现象称压电现象。工业上压电效应型超声波发生器、晶体扬声器等就是利用压电效应这一原理制成的。

第二节 电路元件和基本定律

1. 电路元件

电路元件是电路中最基本的组成单元，分为二端、三端、四端元件等，电路元件还可分为无源元件和有源元件，线性元件和非线性元件等。在讨论各种电路元件性能时，重要的是明确其端电压与电流之间的关系，这种关系称为伏安关系（也称伏安特性），简称 VCR，也称为元件约束。

1) 电阻

电阻分为线性电阻和非线性电阻。工程实际中，将电阻器、电灯、电炉等视做线性电阻（简称为电阻）。半导体二极管则为非线性电阻。电阻的图形符号和计算公式如表 1-2 所示。