



DIANGONG
SHIYONG
SHOUCE

《电工实用手册》编委会 组织编写



电工
实用手册



化学工业出版社

电工 实用手册

《电工实用手册》编委会 组织编写



化学工业出版社

·北京·

本手册内容主要涉及了电工基础、电工仪器仪表及测量、电动机、变压器、低压电器、电气控制线路、现代照明、安全用电等。本手册系统介绍了有关的最新国家标准、最必要的电工知识、最实用的产品资料、最有效的维护技术，具有简明实用的鲜明特色。

本手册取材新颖、内容丰富、简明实用，主要供广大电工及电气技术人员使用，同时对大中专院校相关专业的师生也有较高的参考价值。

图书在版编目 (CIP) 数据

电工实用手册/《电工实用手册》编委会组织编写.
北京: 化学工业出版社, 2013. 9
ISBN 978-7-122-18074-2

I. ①电… II. ①电… III. ①电工技术-技术手册
IV. ①TM-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 173069 号

责任编辑: 李军亮

责任校对: 王素芹

文字编辑: 孙科

装帧设计: 尹琳琳

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印刷: 北京永鑫印刷有限责任公司

装订: 三河市万龙印装有限公司

787mm×1092mm 1/16 印张 33¼ 字数 900 千字 2014 年 2 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 98.00 元

版权所有 违者必究

《电工实用手册》编委会

主 任 邱立功

副主任 徐 峰 戴胡斌

委 员 (按姓氏笔画排序)

王文荻	王立刚	王亚龙	王吉华	王晓蒙	马建民	卢小虎
艾春平	任志俊	刘 璐	刘述芳	刘春玲	许佩霞	余 莉
励凌峰	吴红梅	张 旭	张能武	张道霞	李 茵	杨光明
苏本杰	邱立功	陈忠民	陈玲玲	周宇辉	周明建	周斌兴
范荣国	金 英	施亚青	唐亚鸣	唐艳玲	徐 峰	徐 森
郭永清	崔 俊	黄 芸	程美玲	谢长忠	韩靖玉	楚宜民
薛国祥	戴胡斌					

随着国民经济和现代科学技术的迅猛发展,我国电气工程从设计、制造、运行到控制技术都发生了深刻的变革,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开发和应用,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,特别是学习和掌握与新的应用领域有关的新技能。为此,我们组织编写了本手册。

本手册编委会邀请有关专家和教授就各自擅长的领域分工编写,编写时综合考虑实际需要和篇幅容量,在取材上,遵循实用和精炼;在形式上,力求做到图文并茂、通俗易懂。手册系统地介绍了有关的最新国家标准、最必要的电工知识、最实用的产品资料、最有效的维护技术。本手册具有公式数据可靠、资料技术翔实、方法理论实用的特点。

本手册从简明、实用的角度出发,详细介绍了电工基础、电工仪器仪表及测量、电工材料、电动机、变压器、低压电器、电气控制线路、现代照明、安全用电等内容。本手册取材新颖、内容丰富、简明实用,主要供广大电工及电气技术人员使用,同时对技能培训和专业院校师生也有较高的参考价值。

由于编者水平有限,不妥之处,热忱欢迎读者批评指正。

《电工实用手册》编委会



目录 CONTENTS



第一章 电工基础

第一节 电工基础知识	1	三、常用物理量及其单位换算	21
一、电的基本知识	1	四、常用物理量数据	26
二、直流电路	2	第四节 电工常用图形符号及文字符号	27
三、电与磁	3	一、常用基本文字符号	27
四、交流电路	5	二、常用辅助文字符号	29
五、电压源和电流源	10	三、电气图常用图形符号	30
六、电路的工作状态	11	第五节 常用电工材料	33
第二节 电工常用计算公式及基本定律	13	一、导电材料	33
一、直流电路常用计算公式	13	二、绝缘材料	36
二、电磁感应定律	16	三、磁性材料	43
三、交流电路常用计算公式	17	第六节 常用电子元件和半导体器件	47
第三节 电工常用计量单位	20	一、常用电子元件	47
一、国际单位制单位	20	二、半导体分立器件	59
二、我国法定计量单位	20		



第二章 常用电工仪器仪表

第一节 常用电工仪表的基本知识	78	五、相位和频率的测量	102
一、电工仪表的分类	78	第三节 常用电子测量仪器	107
二、电工仪表的准确度等级	78	一、万用表	107
三、电工仪表的表面符号及其意义	78	二、电子交流电压表	111
四、常用仪表的结构及工作原理	80	三、阻抗测量	114
五、电工仪表的型号表示方法	81	四、LCR 参数测量	116
六、电工仪表的使用与保管	83	五、示波器	124
第二节 常用电工测量	84	六、信号发生器	127
一、电流和电压的测量	84	七、数字式频率计	129
二、电阻的测量	92	八、耐压泄漏测试仪	130
三、功率的测量	95	九、接地电阻测试仪	133
四、电能的测量	99		



第三章 电动机

第一节 概述	134	二、直流电机的结构原理	161
一、电动机的分类及型号	134	三、直流电机主要技术数据	163
二、电动机的基本结构型式	135	四、直流电机的维护与保养	168
三、电动机的功率等级	136	五、直流电机常见故障处理	170
四、电动机常用计算公式	137	六、直流电机拆装和试验	173
第二节 三相异步电动机	137	七、直流电机的正确选用	174
一、三相异步电动机的分类及型号	137	第四节 微电动机	175
二、三相异步电动机的主要技术性能	140	一、驱动微电动机	175
三、三相异步电动机的结构原理	141	二、控制微电动机	187
四、三相异步电动机的转矩特性	145	第五节 专用电动机	193
五、三相异步电动机的工作特性	148	一、电动工具用电动机	193
六、三相异步电动机参数的测定	149	二、电扇用电动机	202
七、三相异步电动机的选择与使用	151	三、电冰箱用电动机	204
八、三相异步电动机的维护与保养	155	四、空调器用电动机	208
九、三相异步电动机常见故障处理	156	五、洗衣机用电动机	213
第三节 直流电机	159	六、吸尘器用电动机	215
一、直流电机分类与型号	159	七、电吹风机用电动机	217



第四章 变压器

第一节 概述	220	三、常用小型变压器简介	258
一、变压器分类及型号	220	四、小型变压器的检测	263
二、变压器主要技术参数	221	第四节 特殊用途变压器	266
三、变压器基本结构原理	226	一、自耦变压器	266
四、变压器的极性和连接组别	230	二、整流变压器	267
第二节 电力变压器	232	三、盐浴炉变压器	269
一、电力变压器结构组成	232	四、试验变压器	271
二、变压器允许运行方式	236	五、电抗器	272
三、常用电力变压器主要技术数据	238	六、电压互感器	273
四、电力变压器的正确选择	242	七、电流互感器	275
五、变压器常见故障及处理方法	244	八、控制变压器	277
第三节 小型变压器	245	九、接触调压器	280
一、小型变压器基本结构	245	十、感应调压器	280
二、小型单相变压器的制作	247		



第五章 低压电器

第一节 概述	286	一、刀开关	289
一、低压电器的分类及用途	286	二、转换开关	295
二、低压电器的产品型号	287	三、熔断器	296
第二节 常用低压电器	289	四、断路器	300

五、接触器	305	十、控制器	324
六、启动器	308	第三节 低压电器常见故障的检修	326
七、继电器	311	一、低压电器的维护与保养	326
八、主令电器	317	二、低压电器常见故障的修理	326
九、频敏变阻器	323	三、低压电器的常见故障及处理方法	330



第六章 变配电及供电系统

第一节 电力负荷及其计算	333	线图	364
一、按需要系数法确定计算负荷	334	四、工厂总降压变电所的主接线图	367
二、按二项式系数法确定计算负荷	335	第六节 工厂变配电所及其一次系统的	
三、单相用电设备组计算负荷的确定	336	运行维护	370
四、工业企业总计算负荷的确定	337	一、变配电所的总体布置	370
五、家庭用电负荷的计算	338	二、变配电所的结构	371
第二节 短路电流及其计算	339	三、变配电所的电气安装图	378
一、短路的形式	339	四、工厂变配电所一次系统的运行	
二、无限容量系统三相短路电流的		维护	379
计算	339	第七节 工厂电力线路	383
三、两相短路电流的计算	343	一、工厂电力线路及其接线方式	383
第三节 变配电及一次系统	343	二、架空配电路	384
一、变配电所的类型及所址选择	343	三、电缆线路	387
二、电气设备中的电弧问题及对触头		四、户内配电路	393
的要求	344	五、导线及电缆的选择	397
三、高压一次设备及其选择	345	六、工厂电力线路的运行维护	399
第四节 电力变压器及其选择	358	第八节 供电系统过流保护	401
一、概述	358	一、过流保护的及要求	401
二、电力变压器的结构及型号	359	二、常用的保护继电器	402
三、变电所主变压器台数和容量的		三、操作电源	408
选择	360	第九节 二次回路的接线及接线图	412
四、电力变压器的并列运行条件	361	一、概述	412
第五节 工厂变配电所的主接线图	361	二、二次回路的接线要求	412
一、概述	361	三、二次回路接线图的绘制要求	413
二、高压配电所的主接线图	362	四、二次回路接线图的绘制方法	414
三、车间和小型工厂变电所的主接			



第七章 电气控制线路

第一节 常用电动机控制电路	418	五、点动控制电路	432
一、三相异步电动机的运行与控制	418	六、过电流保护控制电路	433
二、直流电动机的运行与控制	422	七、制动控制电路	434
第二节 常用电气控制电路	429	第三节 常用机械控制线路	436
一、启动控制电路	429	一、C620-1 普通车床控制线路	436
二、步进、步退控制电路	431	二、Y3150 滚齿机控制线路	436
三、自动往返控制电路	432	三、M7130 卧轴矩台平面磨床控制	
四、具有联锁作用的控制电路	432	线路	437



第八章 现代照明

第一节 照明基础知识 441	第三节 电气装置和照明灯具 466
一、照明技术有关概念 441	一、灯具的种类 466
二、物体的光照性能及有关参数 442	二、常用灯座的主要技术参数 467
第二节 照明电光源 443	三、常用开关的外形结构、规格和用途 467
一、电光源的分类及主要技术特性 443	四、照明供电线路控制、保护与检修 471
二、照明电光源技术参数及规格 445	五、照明供电与配电 477
三、常用照明电光源的选用 464	



第九章 安全用电与节约用电

第一节 电气安全基础知识 483	三、触电急救 492
一、绝缘 483	第三节 接地接零与防雷保护 493
二、屏护、间距与安全标志 485	一、接地接零 493
三、安全用电知识 487	二、防雷保护 503
第二节 触电预防及急救 489	第四节 节约用电 514
一、电流对人体的作用 489	一、节约用电的一般措施 514
二、触电方式 489	二、节约用电的几种方法 516



参考文献

第一章 电工基础

第一节 电工基础知识

一、电的基本知识

1. 电流

电荷有规则定向运行，称为电流。正电荷运动的方向为电流的方向。电流的大小用单位时间内通过导体截面的电荷量的多少来度量，如果在 1s 内，穿过导体截面的电荷量为 1C，则称导体中通过的电流为 1 安培，简称安，以符号 A 表示。电流的量符号为 I 。

电流倍数单位有千安 (kA)，分数单位有毫安 (mA)、微安 (μA)。

$$1\text{kA}=1000\text{A} \quad 1\text{A}=1000\text{mA} \quad 1\text{mA}=1000\mu\text{A}$$

如果电流的大小和方向都不随时间变化，则称为直流电流。

如果电流的大小和方向都随时间变化，则称为交变电流，简称为交流电。人们平常用的市电是一种大小和方向按正弦规律变化的交流电。

2. 电路

电流所经过的路径叫做电路。电路由电源、负载、导线三个基本部分组成，如图 1-1 所示。

(1) 电源 是将其他形式的能量转变为电能的装置。如发电机把机械能转变为电能，而干电池则是把化学能转变为电能。电源是提供电能的装置。

(2) 负载 是将电能转变为其他形式能量的装置。如电动机把电能转变为机械能，而电炉则是把电能转变为热能。负载是消耗电能的装置。

(3) 导线 是连接电源和负载使其成为闭合回路的装置。这样，电荷才能在电源作用下，通过导线→负载→导线回到电源，进行定向运动形成电流。

在电路中还安装开关、熔断器等电器，这些电器所起的作用和导线是相同的，是一段可操作的导线，可以在需要的时候方便地切断或接通电路。

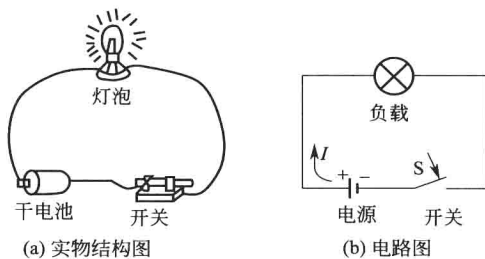


图 1-1 电路

串联电路的特点如下。

- ① 串联电路中通过各电阻的电流为同一电流。即 $I = I_1 = I_2$
- ② 串联电路的总电阻等于各串联电阻之和。即 $R = R_1 + R_2$
- ③ 串联电路两端的总电压等于各串联电阻上各电压之和。即 $U = U_1 + U_2$
- ④ 各串联电阻上的电压的大小与各电阻值的大小成正比，大电阻上的电压高，而小电阻上的电压低。

(2) 并联电路 把两个或两个以上电阻的首端接在一起，尾端接在一起，然后接在电路的两个端点上，称为电阻的并联电路，如图 1-5 所示。

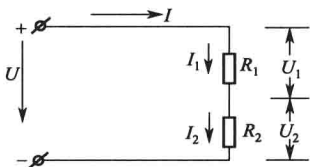


图 1-4 串联电路

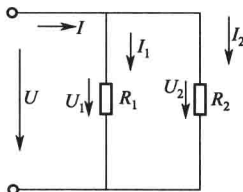


图 1-5 并联电路

并联电路的特点如下。

- ① 并联电路中各电阻上所加的电压相等。即 $U = U_1 = U_2$
- ② 并联电路中的总电流等于各电阻上电流之和。即 $I = I_1 + I_2$
- ③ 并联电路总电阻的倒数等于各并联电阻的倒数之和。即 $1/R = 1/R_1 + 1/R_2$
- ④ 各并联电阻上电流的大小，与各电阻值的大小成反比。

(3) 混联电路 当几个电阻间的连接关系既有串联又有并联时，叫做混联电路，如图 1-6 所示。在分析和计算混联电路时，要两个两个电阻进行分析，看其是否有串、并联关系，有则进行合并化简，最后可化简为只有两个电阻的串联或并联电路。图 1-6 所示电路的化简过程如图 1-7 所示。

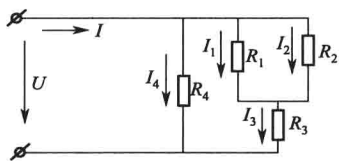


图 1-6 混联电路

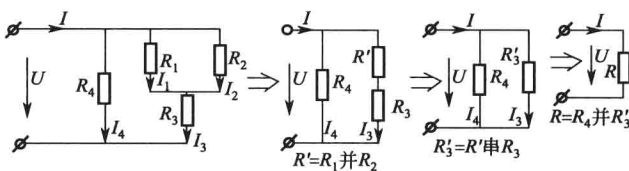


图 1-7 电路简化过程

3. 电能与电功率

(1) 电功率 负载在电路中消耗电能，一个负载在单位时间内所消耗的电能，叫做电功率。电功率的单位是瓦特，简称瓦，符号为 W。电功率的量符号为 P。电功率可表示为

$$P = UI \quad P = I^2 R \quad P = \frac{U^2}{R}$$

(2) 电能 负载工作一段时间所消耗的电能叫电能。电能的单位是 kW · h (千瓦时)，1kW · h 电能就是平常所说的 1 度电。

三、电与磁

1. 磁场

(1) 磁场的方向 地球上有些物体具有吸引铁及铁类合金的性质，如永久磁铁、吸铁

(2) 电磁铁的吸力 电磁铁对衔铁的吸力，是磁场对被磁化了的物体的吸力，称为磁吸力。如果磁极端面的磁通分布是均匀的，穿过衔铁的面积和电磁铁磁极面积基本相等，空气隙又比较小（见图 1-12），则衔铁所受磁吸力 $F(N)$ 为

$$F = 10 \left(\frac{B}{0.5} \right)^2 S$$

式中 S ——电磁铁磁极面积， cm^2 ；

B ——电磁铁磁感应强度， T 。

3. 电磁感应

如果磁场发生变化，磁场中的导体中会产生电动势，成为电源，这种电动势叫做感生电动势，这种现象叫做电磁感应。如果这根导体与外部构成闭合回路，就会有电流流动，这个电流叫感生电流。

(1) 直导体切割磁力线 如图 1-13 所示，导体向拇指方向运动，切割磁力线。此时导体中产生的感生电动势的大小与磁场强度、导体运行速度、导体切割磁力线的有效长度成正比。它的方向用右手定则来确定。

右手定则：右手伸开，四指并拢，拇指与四指垂直，并在同一平面，掌心迎向磁力线，拇指指向导体运动方向，四指表示感生电动势方向，指端为“+”极。

(2) 线圈中磁通发生变化 线圈中的磁场，一般是由线圈接上电源后，线圈中的电流产生的。如果电流发生变化，线圈中的磁能就要发生变化，这时线圈两端就要产生感生电动势，这种现象叫做自感。每个线圈都可以产生自感现象，因此，线圈叫做电磁器件。

自感电动势的方向：当线圈中磁通增加时，自感电动势的方向与线圈所接电源的方向相反。当线圈中磁通减少时，自感电动势的方向与线圈所接电源的方向相同。

如果两个线圈放在一起，一个线圈通电，它产生的磁场就成为另一个线圈中的磁场，如通电线圈的磁场发生变化，不通电线圈中的磁场随之变化，不通电线圈中也会产生感生电动势，这个现象叫做互感。互感是变压器工作的基本原理。

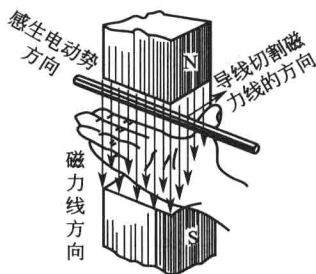


图 1-13 右手定则

四、交流电路

1. 正弦交流电的表示

(1) 正弦交流电的三要素 正弦交流电的大小、方向是随时间作周期性变化的。因此，要确定交流电某一时刻的瞬时值，必须通过交流电的最大值、频率及初相位三个量才能确定。通常，称这三个量为正弦交流电的三要素。

① 最大值：正弦交流电大小在不同时刻是不同的，其中最大的瞬时值，叫做正弦交流电的最大值。正弦交流电流、电压、电动势的最大值分别用 I_m 、 U_m 、 E_m 表示。

② 频率：交流电在 1s 内完成周期循环变化的次数，称为交流电的频率。频率的量符号为 f ，单位是赫兹，简称赫，用符号 Hz 表示。

③ 初相位：交流电的初相位，是由交流发电机开始发电时线圈所处的位置决定的。由于交流电量按一定周期循环变化，当需要知道某一时刻交流电的瞬时值时，可以用这一时刻距开始发电的时间计算出来。

只有在比较两个同频率交流电的情况时，才需要考虑初相位。如果两个交流电的起始位置不同，它们间的差值称相位差。在任何时刻两个同频率交流电间的相位差相同。

(2) 交流电的有效值 交流电的大小、方向时刻在变化，为了便于分析、计算和测量，

一个导体上)。

当电容器接在交流电路中时,电容器将随交流电流的方向的改变而不断地进行充电、放电,电路中就会有不断的交流电流,这称为电容器的通交流电的作用(实际电荷并没有流过电容器,而是在一端极板后就从电路返回到另一边极板,如此往返,电路中就有了电流)。

电容的不断充、放电也会阻碍电路中交流电流的流动,称为容抗,符号为 X_C ,单位也是 Ω 。

$$X_C = \frac{1}{2\pi fC}$$

电容两极间的电压有效值 U_C 、电路中的电流有效值 I_C 与容抗 X_C 间的关系与符合欧姆定律

$$I_C = \frac{U_C}{X_C}$$

由于电容器充、放电的作用,使电路中电压的相位落后于电流 90° 。

电容器的充、放电过程,实际是一个从电源获得电能储存起来,再释放返还给电源的过程,同样,这个过程是不消耗能量的。此时电压 U_C 与电流 I_C 的乘积,也是无功功率,为了与电感上的无功功率区别,用 Q_C 表示:

$$Q_C = U_C I_C = I_C^2 X_C = \frac{U_C^2}{X_C}$$

无功功率表示电容器与电源交换能量的能力。

3. 实际单相正弦交流电路

纯电阻电路、纯电感电路、纯电容电路是为了便于分析问题而理想化的电路,实际的交流电路往往是三种电路交织在一起。

(1) 电阻与电感串联电路 任何线圈都具有直流电阻,这样的线圈接入交流电路,相当于一个电阻与一个电感串联的电路,如图 1-14 所示。

这样的串联电路具有如下特点。

① 流过两个串联元件的电流是同一个电流 I 。

② 电路两端的总电压的有效值,等于两个元件上电压有效值的平方和的平方根,即

$$U = \sqrt{U_R^2 + U_L^2}$$

③ 由于是电阻与电感(感抗)的串联,电路对电流的阻碍能力称为阻抗,符号为 Z 。

$$Z = \sqrt{R^2 + X_L^2}$$

④ 两个元件上所分得的电压有效值,与元件的阻抗成正比:

$$U_R = IR$$

$$U_L = LX_L$$

电源的总功率中应包括电阻的有功功率和电感的无功功率,这个总功率称为视在功率,符号为 S ,单位是 $V \cdot A$ (伏安)。视在功率与有功功率和无功功率的大小关系是

$$S = \sqrt{P^2 + Q_L^2}$$

有功功率占视在功率中的比例称为功率因数,符号为 $\cos\varphi$ 。

$$\cos\varphi = \frac{P}{S} = \frac{U_R}{U} = \frac{R}{Z}$$

$\cos\varphi$ 的值从 0 到 1,值越大说明有功功率占视在功率的份额越大,也说明电能的利用率

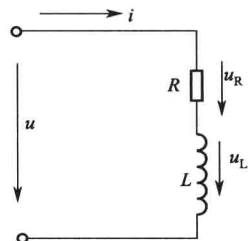


图 1-14 电阻与电感串联电路

