

袖珍简明 电工手册

第2版

XIUZHEN JIANMING DIANGONG SHOUCHE

李淑娥 刘玉敏 等编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



袖珍简明电工手册

第2版

李淑娥 刘玉敏 等编



机械工业出版社

本手册从新入职的基层电工以及农村电工的实际需要出发,精选了最常用、最关键、最经典的实用技术资料。内容包括电工基础知识、常用电工仪表、常用低压电器、电力变压器、低压供配电线路、常用电动机、照明和电气安全等。

本手册是广大基层电工从事电气安装、维护和修理的口袋工具书,也可供工矿企业电工、农村电工和其他有关电气技术人员使用。

图书在版编目(CIP)数据

袖珍简明电工手册/李淑娥等编. —2版. —北京:机械工业出版社, 2013.6

ISBN 978-7-111-42759-9

I. ①袖… II. ①李… III. ①电工-技术手册 IV. ①TM-62

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第119496号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:牛新国 责任编辑:牛新国 阎洪庆

封面设计:陈沛 责任印制:张楠

北京京丰印刷厂印刷

2013年6月第2版第1次印刷

119mm×165mm·5印张·115千字

0 001—5 000册

标准书号:ISBN 978-7-111-42759-9

定价:10.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010) 88361066 教材网:<http://www.cmpedu.cn>

销售一部:(010) 68326294 机工官网:<http://www.cmpbook.com>

销售二部:(010) 88379649 机工官博:<http://weibo.com/cmp>

读者购书热线:(010) 88379203 封面无防伪标均为盗版

第2版前言

随着我国经济的快速发展,电的应用非常广泛,电工队伍日益壮大,为此,我们从广大新入职的基层电工以及农村电工的实际工作需要出发,精选了最常用、最关键、最经典的实用技术资料,编写了本手册。

本次修订除了按照 GB 50054—2011 对相关技术数据进行了修改之外,还删除了部分理论性较强的内容,增加了一些实用技术内容。

本手册共 8 章,内容包括电工基础知识、常用电工仪表、常用低压电器、电力变压器、低压供配电线路、常用电动机、照明和电气安全等。

本手册是广大基层电工从事电气安装、维护和修理时使用的口袋工具书,也可供工矿企业电工、农村电工和其他有关电气技术人员使用。

本手册主要由李淑娥、刘玉敏编写,参加编写工作的还有乔志才、李文茹、刘爱京、杨玉萍、张秀珍、谢志军、刘俊杰、张德芳、刘丽萍、刘立伟、于波等。

本手册在编写过程中,参阅了大量的文献资料,这里一并感谢,恕不一一列举。由于作者水平有限,手册中的不妥之处在所难免,恳请广大读者批评指正,以便在今后修订再版时进一步完善提高。

编者

目 录

第2版前言

第1章 电工基础知识	1
1.1 电的基本知识	1
1.2 直流电路	3
1.3 交流电路	6
1.4 常用工具的正确使用	8
第2章 常用电工仪表	16
2.1 常用电工仪表的基本知识	16
2.1.1 电工仪表的分类	16
2.1.2 电工仪表的准确度等级	16
2.1.3 常用电工仪表的使用注意事项	16
2.2 电流表和电压表	18
2.2.1 电流表和电压表的用途和分类	18
2.2.2 电流的测量	18
2.2.3 电压的测量	18
2.2.4 电流表和电压表的使用注意事项	20
2.3 万用表	20
2.3.1 万用表的用途、结构和工作原理	20
2.3.2 万用表使用的方法及注意事项	23
2.4 钳形电流表	25

2.4.1	钳形电流表的结构和工作原理	25
2.4.2	钳形电流表的使用方法及注意事项	26
2.5	电能表	28
2.5.1	电能表的用途和分类	28
2.5.2	交流电能的测量	28
2.5.3	电能表的选择及使用注意事项	28
第3章	常用低压电器	31
3.1	低压电器的分类、用途和型号	31
3.1.1	低压电器的分类及用途	31
3.1.2	低压电器的型号表示方法	33
3.2	刀开关和转换开关	34
3.2.1	HD11~14 和 HS11~13 系列刀开关	34
3.2.2	开启式负荷开关	34
3.2.3	封闭式负荷开关	36
3.2.4	熔断器式刀开关	36
3.2.5	石板刀开关熔断器组	38
3.2.6	刀开关的安装和维护	38
3.3	低压熔断器	39
3.3.1	RT14、RT18、RT19 系列熔断器	39
3.3.2	RL 型螺旋式熔断器	40
3.3.3	RT0 系列有填料封闭管式熔断器	41
3.3.4	RM 系列无填料密闭管式熔断器	42
3.3.5	家庭照明用熔丝盒	42
3.3.6	熔断器的安装和维护	43
第4章	电力变压器	45
4.1	变压器的工作原理	45
4.2	变压器的结构、类型和型号	46

VI

4.3 变压器的额定值和性能参数	51
第5章 低压供电线路	56
5.1 导线的连接	56
5.1.1 导线绝缘层的剥离方法	56
5.1.2 导线的连接方法及工艺	61
5.1.3 线头与接线柱的连接	71
5.1.4 导线绝缘层的恢复方法	78
5.1.5 导线连接的总体要求及标准规范	83
5.2 室内布线	84
5.2.1 室内外布线概述	84
5.2.2 绝缘导线布线要求（按照 GB 50054—2011）	86
5.2.3 钢管明设	91
5.2.4 硬塑料管明设	94
5.2.5 护套线线路的安装	95
5.2.6 瓷件配线	100
第6章 常用电动机	104
6.1 三相笼型异步电动机的结构和工作原理	104
6.1.1 三相笼型异步电动机的典型结构	104
6.1.2 三相笼型异步电动机的工作原理	108
6.2 三相异步电动机及控制电器的选择	109
6.2.1 三相异步电动机的型号组成及含义	109
6.2.2 电动机的选择要求	111
6.2.3 电动机型号的选择	112
6.2.4 电动机电压的选择	114
6.2.5 电动机功率的选择	115
6.2.6 电动机转速的选择	115
6.3 三相异步电动机控制电器的选择	115

第7章 照明	118
7.1 常用电光源	118
7.1.1 白炽灯	118
7.1.2 荧光灯	119
7.1.3 节能型荧光灯	121
7.2 普通电灯的安装	123
7.2.1 普通电灯的悬挂高度	123
7.2.2 白炽灯的安装	124
7.2.3 荧光灯的安装	128
7.3 照明装置故障的处理方法	129
7.3.1 照明装置故障处理要点	129
7.3.2 照明电路的检查和测试	130
7.3.3 送电及试灯	131
第8章 电气安全	134
8.1 概述	134
8.1.1 触电形式	134
8.1.2 触电危害	135
8.2 电工安全技术	137
8.2.1 电工素质要求	137
8.2.2 电工安全操作规程	138
8.3 触电急救	141
8.3.1 迅速脱离电源	142
8.3.2 就地急救	143
8.3.3 急送医院	146
附录 DL 493—2001《农村安全用电规程》(节选)	147
0 前言	147
1 范围	147

VIII

2 引用标准.....	147
3 名词解释.....	148
3.1 用户受、用电设施.....	148
3.2 特低电压限值.....	148
3.3 特低电压.....	148
4 安全用电管理中各责任方的职责.....	148
4.1 电力管理部门的职责.....	148
4.2 电力企业的职责.....	149
4.3 电力使用者的职责.....	149
参考文献.....	151

第 1 章 电工基础知识

1.1 电的基本知识

1. 电流 电荷有规则的定向运动，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（库仑，简称库），则称导体中通过的电流为 1A（安培，简称为安），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 ）。

$$1\text{kA}=1000\text{A}$$

$$1\text{A}=1000\text{mA}$$

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

如果电流的大小和方向都不随时间变化，则该电流称为直流电流。

如果电流的大小和方向都随时间变化，则该电流称为交变电流。我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。

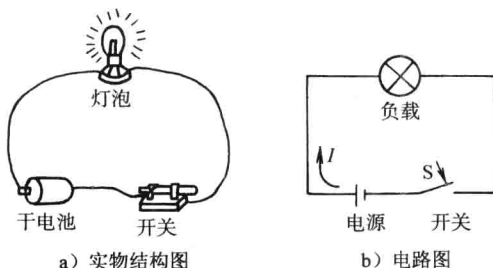


图 1-1 电路

(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。

3. 电位和电压 在静电场或电路中，单位正电荷在电场力的作用下，从无穷远（即零电位）移到某点电场力所做的功，称为该点的电位。

如果电路两点间电位不同，这两个电位的差值叫做电路两点的电压。电压的单位是伏特，简称伏，用符号 V 表示，电压的量符号为 U 。

4. 电动势 电荷在电路中运动，动力来源于电源。电源的负极是低电位，正极是高电位，电源把电荷从低电位通过电源内部搬运到高电位。反映电源搬运电荷能力的物理量，叫电

源的电动势。电动势的单位也是伏，与电压和电位的单位相同。电动势的量符号是 E 。

5. 电阻 电阻是电荷在物体中运动时所受到的阻力，是物质本身具有的导电特性。自然界的物质按其导电特性分为容易导电的导体，如各类金属；不容易导电的绝缘体，如木材、橡胶、塑料；介于两者之间的半导体，如硅、锗。

电阻的单位为欧姆，简称欧，符号为 Ω 。电阻的量符号为 R 。电阻的倍数单位有千欧 ($k\Omega$)、兆欧 ($M\Omega$)。

$$1k\Omega=1000\Omega$$

$$1M\Omega=1000000\Omega$$

一般情况下，金属导体的电阻值随温度升高而增大。

1.2 直流电路

1. 欧姆定律

(1) 部分电路欧姆定律：

部分电路是指不含电源的一段电路，如图 1-2 所示。

部分电路欧姆定律的数学式表示为

$$I = \frac{U}{R}$$

也可变形为

$$R = \frac{U}{I} \quad U = IR$$

(2) 全电路欧姆定律：全电路是指含有电源的闭合电路，如图 1-3 所示。

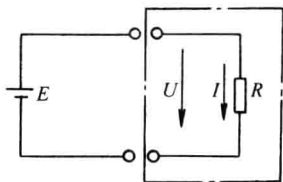


图 1-2 部分电路

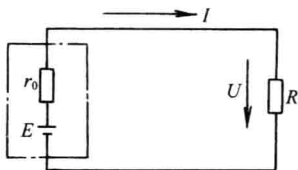


图 1-3 全电路

全电路欧姆定律的数学表示式为

$$I = \frac{E}{r_0 + R}$$

式中 r_0 ——电源的内阻。

2. 电路的联结

(1) 串联电路：把两个或两个以上电阻首尾相连接成一串，中间没有分支，称为电阻的串联电路，如图 1-4 所示。

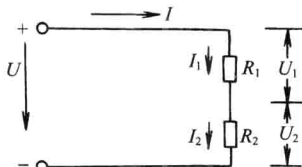


图 1-4 串联电路

串联电路的特点：

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高低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。

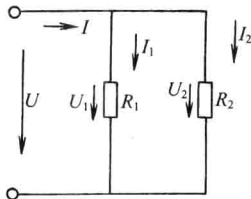


图 1-5 并联电路

并联电路的特点：

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中电流之和，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，

$$\text{即 } \frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

4) 各并联电阻中电流的大小, 与各电阻值的大小成反比。

(3) 混联电路: 当几个电阻间的联结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, 要两两电阻进行分析, 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。对图 1-6 的化简过程如图 1-7 所示。

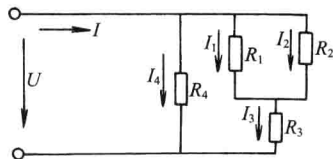


图 1-6 混联电路

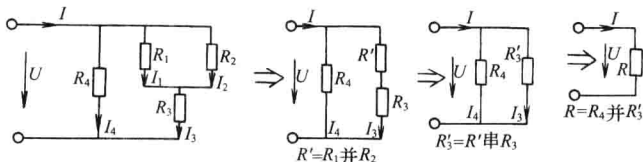


图 1-7 电路化简过程

3. 电功率与电能

(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

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

(2) 电能: 负载工作一段时间所消耗的电能量叫做电能。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。

1.3 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，当我们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。

(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，常用交流电的有效值来表示它的大小。如果在同一个电阻中分别通以直流电流和交流电流，通电时间完全相同，而电阻在两段时间产生热量相等，我们从发热的效果看，这两个电流是等效的。于是我们把这个直流电流的大小叫做该交流电的有效值，并用 I 、 U 、 E 分别表示交流电流、电压、电动势的有效值。

交流电有效值与其最大值的关系如下：

$$I = I_m / \sqrt{2} = 0.707 I_m \text{ 或 } I_m = \sqrt{2} I = 1.414 I$$

$$U = U_m / \sqrt{2} = 0.707 U_m \text{ 或 } U_m = \sqrt{2} U = 1.414 U$$

$$E = E_m / \sqrt{2} = 0.707 E_m \text{ 或 } E_m = \sqrt{2} E = 1.414 E$$

我们平时所说的交流电的大小，电气仪表上所显示的交流电的量值（没有说明时），均为交流电的有效值。各种交流电气设备铭牌上所标的额定值也均为交流电的有效值。注意：在考虑导线及电气设备的耐压时，要考虑交流电的最大值。

2. 三相交流电路

（1）三相交流电：把三个大小相等、频率相同、初相位相差 120° 的单相交流电合在一起就组成一个三相交流电。

实际的三相交流电是由三相发电机产生的，在发电机中有三个相同的绕组按空间相差 120° 均匀分布。这样，发电机旋转就可以产生满足上述条件的三个单相交流电，由于初相位相差 120° ，在各条导线中流过的电流存在一个时间差，这样，就不需要六条导线供电，而只需要在发电机内部把三个绕组按一定方式连接起来，用三条或四条导线供电。发电机每个绕组发出的单相交流电叫做三相交流电中的一相，因此，我们实际使用的单相交流电，都是由三相交流发电机所提供三相交流电中的一相。

（2）三相四线制电路：电源星形联结，从三个首端引出三条线称为相线（俗称火线），分别用 L_1 、 L_2 、 L_3 表示，从公共点引出的线称为中性线，用 N 表示，如图 1-8 所示。

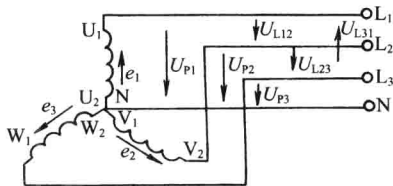


图 1-8 电源的星形联结

从图中可以看出，相电流等于导线中的线电流。

如果三个负载的阻抗完全相同，这样的负载叫做三相对称负载。实际中，凡是三相电气设备，如三相交流电动机、三相变压器、三相电炉等，均为三相对称负载。在三相对称负载情况下，三个相电流大小相等，这时，电源中性线中将没有电流通过，中性线可以去掉，只用三条相线供电，即由三相三线制电源供电。

但我们所使用的许多都是单相设备，如电灯、电视机等，它们都是使用三相电源中的一相。因此，三相电源的各相负载一般不可能完全相同，这种情况叫做三相不对称负载。

在三相不对称负载情况下，三个相电流不相等，这时中性线电流不为零，中性线就起到了中性线电流通路的作用。三相负载越接近对称，中性线电流就越小，三相负载偏差越大，中性线电流也越大。一般在安装单相负载时，尽量使三相负载接近对称，以减小中性线电流。

三相四线制供电系统中，如果相线断线，只能造成某相停电，不会造成很大损失。但如果中性线断线，由于一般三相负载不对称，这时就会造成各相负载上电压不平衡，电压高的一相上的电气设备会被烧毁。因此，中性线起着保证三相电压对称的作用，三相四线制供电系统的中性线绝不能断线，在中性线上不准安装任何开关电器及熔断器。

1.4 常用工具的正确使用

电工常用的手头工具有钳子、剥线钳、一字或十字螺钉旋具、扳手、电工刀、手锤、水平尺、钢卷尺、脚扣、手电钻、电烙铁、压钳、喷灯等，正确的使用方法及注意事项见表 1-1。