



全新 电工手册

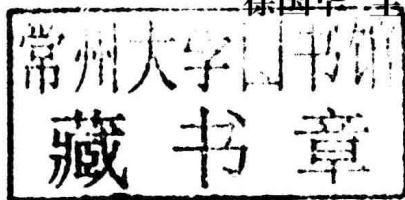
XINQUAN
DIANGONG
SHOUCE

徐国华 主编



新全电工手册

徐国华 主编



河南科学技术出版社

·郑州·

内 容 提 要

本手册共分为 13 章, 内容包括电工常用基础知识、常用电工材料、电工常用仪表、变压器、低压电器、高压电器、电动机、电力低压配电线路、电力无功补偿、电力电子技术、可编程控制器、现代照明技术、安全用电等。

本手册内容齐全、实用, 突出了电工工艺和操作技能。本手册的读者对象为广大工矿企业生产第一线的电工, 主要是从事电气安装、维护、修理工作的电工。本手册也可供大、中专院校师生学习参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

新全电工手册/徐国华主编. —郑州: 河南科学技术出版社, 2013. 3
ISBN 978 - 7 - 5349 - 5927 - 1

I. ①新… II. ①徐… 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 016606 号

出版发行: 河南科学技术出版社

地址: 郑州市经五路 66 号 邮编: 450002

电话: (0371) 65737028 65788613

网址: [www. hnstp. cn](http://www.hnstp.cn)

策划编辑: 孙 彤

责任编辑: 张 建

责任校对: 柯 姣

封面设计: 张 伟

责任印制: 朱 飞

印 刷: 河南省瑞光印务股份有限公司

经 销: 全国新华书店

幅面尺寸: 140 mm × 202 mm 印张: 20 字数: 650 千字

版 次: 2013 年 3 月第 1 版 2013 年 3 月第 1 次印刷

定 价: 58.00 元

如发现印、装质量问题, 影响阅读, 请与出版社联系。

前 言

为适应我国经济建设加速发展的形势，促进我国电气工业水平的提高与发展，根据工矿企业电气安装、维护、修理实践的迫切需要，我们组织编写了这本《新全电工手册》。

本手册共分为 13 章，分别为电工常用基础知识、常用电工材料、电工常用仪表、变压器、低压电器、高压电器、电动机、电力低压配电线路、电力无功补偿、电力电子技术、可编程控制器、现代照明技术、安全用电等。

本手册内容新颖，突出了电工工艺和操作技能。本手册的读者对象为广大工矿企业生产第一线的电工，主要是从事电气安装、维护、修理工作的电工。本手册也可供大、中专院校师生学习参考。

本手册由徐国华任主编，负责全书的统稿。参加本书编写的还有孙东、顾冬华、许爽、过金超。本手册由崔光照担任主审。

由于编写时间短，以及作者的水平有限，对书中的疏漏之处，敬请广大读者批评指正。

编 者
2012 年 5 月

目 录

第 1 章 电工常用基础知识	1
1.1 电工常用基本定律及计算公式	1
1.1.1 直流电路常用基本定律及计算公式	1
1.1.2 交流电路常用基本定律及计算公式	6
1.1.3 磁路常用基本定律及计算公式	11
1.1.4 变压器和电机常用计算公式及特性	12
1.2 电气简图常用的图形符号和文字符号	17
1.2.1 电气简图常用的图形符号	17
1.2.2 电气设备常用文字符号	24
1.3 常用计量单位及换算	33
1.3.1 国际单位制单位	33
1.3.2 可与国际单位制并用的我国法定计量单位	34
1.3.3 常用电学、磁学的量和单位	35
1.3.4 常用单位换算	37
1.3.5 常用物理量数据	41
第 2 章 常用电工材料	43
2.1 导电材料	43
2.1.1 裸电线	43
2.1.2 电磁线	53
2.1.3 电缆	62
2.1.4 绝缘电线	65
2.2 绝缘材料	69
2.2.1 绝缘材料的分类	69
2.2.2 绝缘漆	72
2.2.3 绝缘浸渍纤维制品	73
2.2.4 电工用薄膜、粘带及复合材料	74

2.2.5	层压制品	76
2.2.6	云母制品	77
2.2.7	绝缘纸和纸板	78
2.3	磁性材料	79
2.3.1	电工纯铁	79
2.3.2	电工硅钢片	79
2.4	其他常用材料	81
2.4.1	润滑脂	81
2.4.2	胶粘剂	81
2.4.3	滚动轴承	83
第3章	电工常用仪表	85
3.1	电工仪表的分类及主要性能指标	85
3.1.1	电工仪表的分类	85
3.1.2	电工仪表的主要性能指标	85
3.2	万用表	86
3.2.1	万用表的工作原理和实际电路	86
3.2.2	万用表的型号和规格	88
3.2.3	万用表的使用注意事项	89
3.2.4	万用表的常见故障及原因	90
3.3	电流表和电压表	91
3.3.1	电流表和电压表的工作原理及结构	91
3.3.2	电流表和电压表的连接方法	92
3.3.3	常用电流表和电压表的型号和规格	93
3.3.4	电流表和电压表的使用注意事项	96
3.4	电能表	96
3.4.1	电能表的工作原理及结构	96
3.4.2	电能表的接线方法	96
3.4.3	部分常用电能表的型号和规格	98
3.4.4	电能表的使用注意事项	99
3.5	功率表	100
3.5.1	功率表的工作原理及结构	100
3.5.2	功率表测量功率的接线方法	100
3.5.3	常用功率表的型号和规格	101
3.5.4	功率表的使用注意事项	101

3.6	兆欧表	102
3.6.1	兆欧表的工作原理	102
3.6.2	兆欧表的型号和规格	103
3.6.3	兆欧表的使用注意事项	104
3.6.4	兆欧表的常见故障及其处理方法	105
3.7	钳形表	107
3.7.1	钳形表的工作原理及结构	107
3.7.2	常用钳形表的型号及规格	107
3.7.3	钳形表的使用注意事项	108
第4章	变压器	110
4.1	变压器的工作原理、分类及型号	110
4.1.1	理想变压器的工作原理	110
4.1.2	变压器的分类及型号	111
4.2	变压器的主要技术参数	113
4.2.1	相数和额定频率	113
4.2.2	额定电压、额定电压组合	113
4.2.3	额定电流	114
4.2.4	绕组连接组标号	114
4.2.5	分接范围（调压范围）	116
4.2.6	空载电流、空载损耗和空载合闸电流	117
4.2.7	阻抗电压和负载损耗	117
4.2.8	效率和电压调整率	117
4.2.9	绝缘水平	118
4.2.10	短路电流	119
4.3	常用变压器的技术数据	119
4.4	变压器的并联运行	124
4.5	变压器噪声	126
4.6	变压器的常见故障及其排除	127
4.7	互感器	128
4.7.1	电流互感器	128
4.7.2	电压互感器	136
第5章	低压电器	139
5.1	低压电器基础	139
5.1.1	低压电器的定义与分类	139

5.1.2	低压电器的技术参数及型号	139
5.1.3	低压电器的正确工作条件	143
5.1.4	低压电器的正确选用	144
5.2	刀开关	144
5.2.1	HD 型单投刀开关及 HS 型双投刀开关	145
5.2.2	HR 型熔断器式刀开关	147
5.2.3	组合开关	149
5.2.4	开启式负荷开关和封闭式负荷开关	150
5.3	熔断器	152
5.3.1	熔断器的结构原理及分类	152
5.3.2	熔断器的主要技术参数	153
5.3.3	熔断器的技术数据	154
5.4	低压断路器	156
5.4.1	低压断路器的结构和工作原理	156
5.4.2	低压断路器的选用原则	157
5.4.3	低压断路器的技术数据	158
5.5	接触器	159
5.5.1	电磁式交流接触器的结构	160
5.5.2	接触器的基本技术参数与型号含义	161
5.5.3	接触器的选用	161
5.5.4	接触器使用过程中的注意事项及故障原因	162
5.5.5	接触器的技术数据	163
5.6	继电器	168
5.6.1	常用继电器的技术参数	168
5.6.2	中间继电器	168
5.6.3	电流继电器	171
5.6.4	电压继电器	173
5.6.5	时间继电器	175
5.6.6	热继电器	177
5.6.7	速度继电器	181
5.7	启动器	182
5.7.1	启动器的用途、分类和特性	182
5.7.2	启动器的选用	184
5.7.3	启动器的技术数据	184

5.7.4	启动器的常见故障及其排除方法	189
5.8	主令电器	191
5.8.1	主令电器的用途、特性和分类	191
5.8.2	主令电器的选用	191
5.8.3	常用主令电器的技术数据	192
第6章	高压电器	201
6.1	概述	201
6.1.1	高压电器的作用和分类	201
6.1.2	高压电器的性能要求	202
6.1.3	高压电器的特点	205
6.1.4	高压电器的选用原则	205
6.2	高压断路器	208
6.2.1	高压断路器的作用和基本要求	208
6.2.2	高压断路器的分类和特点	208
6.2.3	高压断路器的技术参数和型号	209
6.2.4	高压断路器的技术数据	212
6.2.5	高压断路器的常见故障及其检修	214
6.3	高压隔离开关	215
6.3.1	高压隔离开关的作用	215
6.3.2	高压隔离开关的分类和结构	215
6.3.3	高压隔离开关的技术参数和型号	216
6.3.4	高压隔离开关的技术数据	218
6.3.5	高压隔离开关的常见故障及其检修	220
6.4	高压负荷开关	221
6.4.1	高压负荷开关的作用	221
6.4.2	高压负荷开关的分类和特点	222
6.4.3	高压负荷开关的型号	222
6.4.4	高压负荷开关的技术数据	223
6.4.5	高压负荷开关的常见故障及其检修	223
6.5	高压熔断器	224
6.5.1	高压熔断器的分类和作用	224
6.5.2	高压熔断器的技术参数和型号	224
6.5.3	高压熔断器的技术数据	226
6.5.4	高压熔断器的常见故障及检修	229

第7章 电动机	230
7.1 交流电动机	230
7.1.1 交流电动机的分类	230
7.1.2 单相异步电动机	231
7.1.3 三相异步电动机	236
7.1.4 多速三相异步电动机	249
7.1.5 电磁调速异步电动机	252
7.1.6 异步电动机的选用	254
7.1.7 异步电动机的维护与保养	255
7.1.8 异步电动机的常见故障及其处理方法	256
7.1.9 异步电动机的电气控制	258
7.2 直流电动机	265
7.2.1 直流电动机的分类及型号	265
7.2.2 直流电动机的基本结构	266
7.2.3 直流电动机的工作原理	267
7.2.4 直流电动机的技术数据	267
7.2.5 直流电动机的选用	269
7.2.6 直流电动机的维护与保养	271
7.2.7 直流电动机的常见故障及其处理方法	272
7.2.8 直流电动机的电气控制	275
7.3 微特电机	277
7.3.1 概述	277
7.3.2 伺服电动机	284
7.3.3 力矩电动机	304
7.3.4 步进电动机	310
7.3.5 直线电动机和直线驱动器	318
7.3.6 自整角机	327
7.3.7 旋转变压器	332
7.3.8 测速发电机	338
7.3.9 旋转编码器	342
7.4 变频器	347
7.4.1 概述	347
7.4.2 变频调速系统	353
7.4.3 变频器的技术数据	361

7.4.4	变频器的安装与运行	386
7.4.5	变频器的维护与保养	387
第8章	电力低压配电线路	392
8.1	低压架空线路	392
8.1.1	电杆、横担、拉线	392
8.1.2	绝缘子与金具	398
8.1.3	架空导线	400
8.2	接户线与进户线	405
8.2.1	低压线引入建筑物装置的安装方式	405
8.2.2	接户线	406
8.2.3	进户线	407
8.3	低压配电线路的敷设	408
8.3.1	敷设的要求和路径选择	408
8.3.2	导线放线与绑扎	408
8.3.3	导线的修补与连接	409
8.4	降低配电线路损耗的措施	412
第9章	电力无功补偿	415
9.1	电力无功补偿的基本概念	415
9.1.1	交流电的能量转换	415
9.1.2	有功功率和无功功率	417
9.1.3	电容器的串联和并联	417
9.1.4	并联电容器的容量和损耗	418
9.2	并联电容器无功补偿	419
9.2.1	并联电容器的无功补偿作用	419
9.2.2	无功补偿经济当量	420
9.2.3	最佳功率因数的确定	421
9.2.4	并联电容器改善电网电压质量	423
9.2.5	并联电容器降低线损	424
9.2.6	并联电容器释放发供电设备容量	426
9.2.7	并联电容器减少电费支出	427
9.3	常用无功补偿电容器的类型及技术数据	428
9.3.1	无功补偿用电容器型号的表示方法及意义	428
9.3.2	无功补偿电容器的类型	429
9.3.3	常用无功补偿电容器的技术数据	430

第 10 章 电力电子技术	439
10.1 常用电力电子器件	439
10.1.1 概述	439
10.1.2 电力二极管	444
10.1.3 晶闸管	448
10.1.4 派生晶闸管	454
10.1.5 门极可关断晶闸管	456
10.1.6 电力晶体管	458
10.1.7 电力场效应管	463
10.1.8 绝缘栅双极型晶体管	466
10.1.9 智能功率模块	469
10.2 电力电子器件的驱动电路	471
10.2.1 晶闸管的驱动电路	471
10.2.2 电力晶体管的驱动	476
10.2.3 电力场效应管的驱动电路	478
10.2.4 绝缘栅双极型晶体管的驱动电路	485
10.3 常用电力电子电路	489
10.3.1 整流电路	489
10.3.2 逆变电路	491
10.3.3 直流斩波电路	493
10.3.4 交流调压电路	493
第 11 章 可编程控制器	498
11.1 概述	498
11.1.1 PLC 的特点	498
11.1.2 PLC 与其他工业控制系统的比较	499
11.1.3 PLC 的分类	502
11.2 PLC 的系统构成及工作原理	503
11.2.1 硬件系统的结构	503
11.2.2 软件系统	508
11.2.3 PLC 的基本工作原理	510
11.3 PLC 的编程与数据通信	512
11.3.1 PLC 的编程语言	512
11.3.2 PLC 的数据通信	518
11.4 常用 PLC 及外围设备	524

11.4.1	常用 PLC	524
11.4.2	PLC 的输入元器件	553
11.4.3	PLC 的输出执行装置	556
11.5	PLC 的安装与维护	557
11.5.1	PLC 的安装	557
11.5.2	PLC 的维护	558
第 12 章	现代照明技术	562
12.1	照明技术的基础知识	562
12.1.1	光的度量	562
12.1.2	视觉功效	563
12.1.3	照度标准	565
12.1.4	部分材料的反射比与吸收比	566
12.2	电光源	568
12.2.1	电光源的分类及技术指标	568
12.2.2	常用电光源的技术数据	570
12.2.3	电光源的选用	573
12.3	照明线路计算	576
12.3.1	照明负荷计算	576
12.3.2	线路电流计算	576
12.3.3	照明线路电压损失计算	577
12.4	照明供配电	578
12.4.1	照明配电的一般要求	578
12.4.2	照明供配电系统的组成与接线	580
12.4.3	照明线路导线的选择	582
12.5	室内配线	585
12.5.1	瓷绝缘子配线	585
12.5.2	塑料护套线配线	588
12.5.3	塑料槽板配线	590
12.5.4	塑料 PVC 管配线	592
第 13 章	安全用电	596
13.1	触电及其预防	596
13.1.1	触电的方式	596
13.1.2	电流伤害人体的因素	596
13.1.3	安全电压	598

13.1.4	预防触电的措施	598
13.2	触电急救	600
13.3	电工常用安全用具	603
13.3.1	绝缘棒和绝缘夹钳	604
13.3.2	绝缘垫和绝缘站台	605
13.3.3	绝缘靴和绝缘手套	605
13.3.4	验电器	605
13.4	接地与接零	608
13.4.1	接地与接零的类型及要求	608
13.4.2	接地装置的选择和安装	610
13.5	防雷	614
13.5.1	避雷针	614
13.5.2	避雷线、避雷网和避雷带	617
13.5.3	避雷器	617
13.5.4	防雷电的其他措施	620
13.6	电气设备的防火和防爆	620
13.6.1	电气火灾和爆炸的原因	621
13.6.2	防火和防爆措施	621
参考文献		623

第 1 章 电工常用基础知识

1.1 电工常用基本定律及计算公式

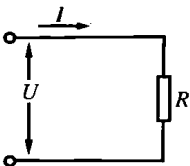
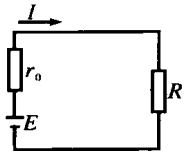
1.1.1 直流电路常用基本定律及计算公式

直流电路常用基本定律及计算公式见表 1-1。

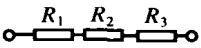
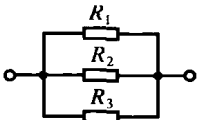
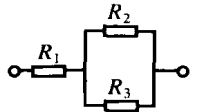
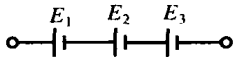
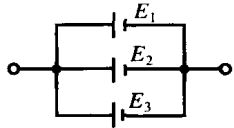
表 1-1 直流电路常用基本定律及计算公式

名称	定义	公式	说明
电阻	导体能够导电，但同时对电流又有阻力作用。这种阻碍电流通过的阻力称为电阻，用英文字母 R 或 r 表示	$R = \rho \frac{l}{A}$	l —导体的长度，单位为米（m） A —导体的横截面积，单位为平方米（m ² ） ρ —导体的电阻率，单位为欧·米（Ω·m） R —导体的电阻，单位为欧（Ω）
电导	表征物体传导电流的能力称为电导。电导是电阻的倒数，用英文字母 G 表示	$G = \frac{1}{R}$	R —电阻，单位为欧（Ω） G —电导，单位为西（S）
电流	导体内的自由电子或离子在电场力的作用下有规律的流动称为电流。人们规定正电荷移动的方向为电流的正方向。电流用英文字母 I 表示	$I = \frac{Q}{t}$	Q —电量，单位为库（C） t —时间，单位为秒（s） I —电流，单位为安（A）

续表

名称	定义	公式	说明
电压	在静电场或电路中, 单位正电荷在电场力作用下从一点移到另一点电场力所做的功称为两点间的电压。电压用英文字母 U 表示。电压的正方向是从高电位到低电位	$U = \frac{W}{Q}$	W—电功, 单位为焦 (J) Q—电量, 单位为库 (C) U—电压, 单位为伏 (V)
部分电路的欧姆定律	在一段不含电动势而只有电阻的电路中, 流过电阻的电流大小与加在电阻两端的电压成正比, 而与电路中的电阻成反比	$I = \frac{U}{R}$ 	U—电压 (V) R—电阻 (Ω) I—电流 (A)
全电路的欧姆定律	在只有一个电源的无分支闭合电路中, 电流与电源电动势成正比, 与电路的总电阻成反比	$I = \frac{E}{R + r_0}$ 	E—电源电动势, 单位为伏 (V) R—负载电阻 (Ω) r_0—电源的内电阻 (Ω) I—电路中电流 (A)
电功率	一个用电设备在单位时间内所消耗的电能称为电功率, 用英文字母 P 表示	$P = \frac{W}{t} = IU = I^2 R = \frac{U^2}{R}$	W—电能, 单位为焦 (J) t—时间, 单位为秒 (s) I—电路中的电流 (A) R—电路中的电阻 (Ω) U—电路两端的电压 (V) P—电路的电功率, 单位为瓦 (W)

续表

名称	定义	公式	说明
串联电阻器		 $R = R_1 + R_2 + R_3$	
并联电阻器		 $\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$	R —总电阻 (Ω) R_1 、 R_2 、 R_3 —分电阻 (Ω)
电阻混联器		 $R = R_1 + \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3}$	
电阻与温度的关系	通常金属的电阻都随温度的上升而增大, 故电阻温度系数是正值。而有些半导体材料、电解液, 当温度升高时, 其电阻减小, 因此它们的电阻温度系数是负值	$R_2 = R_1 [1 + \alpha_1 (t_2 - t_1)]$	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_1 —以温度 t_1 为基准时导体的电阻温度系数 t_1 、 t_2 —导体的温度 ($^{\circ}\text{C}$)
电源串联		 $E = E_1 + E_2 + E_3$	
电源并联		 $E = E_1 = E_2 = E_3$	E —总电源电动势 (V) E_1 、 E_2 、 E_3 —分电源电动势 (V)