



电工手册

ELECTRICIAN HANDBOOK

第二版

孙克军 ◎ 主编

闫和平 李敬东 ◎ 副主编



化学工业出版社



电工手册

ELECTRICIAN HANDBOOK

第二版

孙克军 ◎ 主编

闫和平 李敬东 ◎ 副主编



化学工业出版社

· 北京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

电工手册/孙克军主编. —2版. —北京: 化学工业出版社, 2012.6

ISBN 978-7-122-13918-4

I. 电… II. 孙… III. 电工-技术手册 IV. TM-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 060428 号

责任编辑: 卢小林

装帧设计: 韩 飞

责任校对: 宋 夏

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

710mm×1000mm 1/16 印张 47 $\frac{3}{4}$ 字数 984 千字 2012 年 6 月北京第 2 版第 1 次印刷

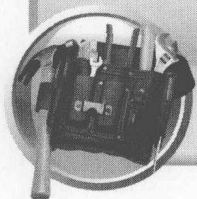
购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

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: 128.00 元

版权所有 违者必究



第二版前言

《电工手册》出版以来，迄今已多次印刷，深受广大读者欢迎。

随着科学技术的不断发展，电工技术日新月异，本手册所涉及的各个电工专业也都取得了飞速发展，新产品和新技术的推广应用层出不穷，为了适应新技术和新形势的发展需要，满足广大电工及电气工程技术人员的工作需求特对本手册进行修订编写。

修订版共 21 章。修订版继续保持了原手册具有的实用、新颖和使用方便特点，继续坚持以实用为主，力求做到科学性、完整性、系统性、知识性相统一。着力贯彻新标准，删除原手册中已显陈旧的内容和淘汰产品，增加了近年来的新技术、新产品以及部分采用引进技术生产的产品，从而使原手册的绝大多数篇、章的内容有了较全面的充实和提高。

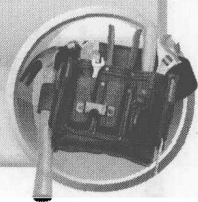
修订版重点突出地介绍了电子技术、计算机技术和智能化高新技术在电工领域中的推广应用及电工行业近年涌现的大量新产品。增加了诸如低损耗变压器、新型潜水电机、单片机、电动机软启动器、太阳能光伏发电、LED 照明、数字绝缘电阻测量仪等章节，并增加电动机、变压器、低压电器、小型发电设备、可编程控制器、变频器、蓄电池与不间断供电电源等有关的新产品和新技术数据。

修订手册时，我们参考了近期国内外有关标准、手册和文献资料以及有关生产厂的产品样本、技术数据和资料，并得到了各级领导和专家、学者的关怀和帮助，在此，我们表示衷心地感谢。

修订版涉及电工领域的许多方面，限于编者的水平和手册篇幅所限，手册中难免会有不妥之处，热忱希望广大读者和有关专家批评指正。

编者

第一版前言



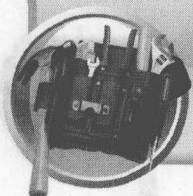
随着国民经济的迅速发展，用电设备不断增加，工矿企业电工和农村电工的队伍也日益壮大。为了满足广大电工及电气工程技术人员的工作需要，我们编写了这本《电工手册》。

本手册坚持以实用为主，力求做到科学性、完整性、系统性、知识性相统一。本书在编写时尤其注意对当前大量应用于电气工程中的电力电子技术、传感器、变频器、PLC 的相关技术及数据进行介绍，同时，重点介绍了工矿企业、农村常用的电气设备，内容涉及其基本结构、工作原理、主要技术性能、选择、使用方法与注意事项、常见故障及其排除方法，并列举大量的计算实例。在表达方式上，本书尽可能采用插图立体化、技术数据表格化，以便于读者理解和查找有关内容。同时，手册还注意到内容的先进性，介绍的电工产品主要是经过国家有关部门鉴定的新产品，但考虑到维修工作的实际需要，手册中也介绍了目前仍在使用的部分老型号产品。

在此，编者对关心本手册出版、热心提出建议和提供资料的单位和个人一并表示衷心地感谢。

由于编者水平所限，手册中难免会有不妥之处，敬请广大读者批评指正。

编者



目 录

第 1 章 电工基础知识

1.1 电工常用计算公式及基本定律	1
1.1.1 直流电路常用计算公式	1
1.1.2 电磁感应定律	5
1.1.3 交流电路常用计算公式	6
1.2 电工常用法定计量单位	9
1.3 电气设备常用文字符号	12
1.3.1 部分电气设备基本文字符号	12
1.3.2 电气设备常用辅助文字符号	14
1.4 部分常用电气图用图形符号	15

第 2 章 交流电动机

2.1 交流电动机的分类	29
2.2 三相异步电动机	29
2.2.1 三相异步电动机的分类	29
2.2.2 三相异步电动机的基本结构	30
2.2.3 三相异步电动机的工作原理	30
2.2.4 三相异步电动机的型号	32
2.2.5 三相异步电动机的接法	33
2.2.6 三相异步电动机的技术数据	34
2.3 单相异步电动机	43
2.3.1 单相异步电动机的分类	43
2.3.2 单相异步电动机的基本结构	45
2.3.3 单相异步电动机的工作原理	45
2.3.4 单相异步电动机的型号	46
2.3.5 单相异步电动机的技术数据	48
2.4 异步电动机的选择	49
2.4.1 电动机种类的选择	49
2.4.2 电动机机械特性的选择	50
2.4.3 电动机外壳防护等级的选择	52

2.4.4	电动机额定功率的选择	53
2.4.5	电动机电源的选择	53
2.4.6	电动机转速的选择	53
2.5	异步电动机的运行与维护	54
2.5.1	电动机启动前的准备与检查	54
2.5.2	电动机启动时的注意事项	55
2.5.3	电动机运行中的监视与维护	56
2.6	变极多速三相异步电动机	57
2.6.1	变极多速三相异步电动机常用的变极方法	57
2.6.2	变极多速三相异步电动机三相绕组的连接	57
2.6.3	变极多速三相异步电动机的技术数据	59
2.6.4	变极多速三相异步电动机的使用与维护	61
2.7	电磁调速异步电动机	61
2.7.1	电磁调速异步电动机的基本结构	61
2.7.2	电磁调速异步电动机的工作原理	62
2.7.3	电磁调速异步电动机的技术数据	63
2.7.4	电磁调速异步电动机常见故障及排除方法	64
2.8	异步电动机的常见故障及其排除方法	65
2.8.1	三相异步电动机的常见故障及其排除方法	65
2.8.2	单相异步电动机的常见故障及其排除方法	67
2.9	异步电动机的简易计算	68
2.9.1	异步电动机电磁线代用的计算	68
2.9.2	异步电动机改变极数的计算	71
2.9.3	异步电动机改变电压的计算	75
2.9.4	异步电动机改变频率的计算	79
2.10	常用电动工具	83
2.10.1	电钻	83
2.10.2	冲击电钻	88
2.10.3	电锤	89
2.11	潜水电泵	91
2.11.1	潜水电泵的主要用途与特点	91
2.11.2	潜水电泵的分类	91
2.11.3	潜水电泵的结构	93
2.11.4	潜水电泵用电动机的技术数据	94
2.11.5	潜水电泵的安装	94
2.11.6	潜水电泵的使用	96
2.11.7	潜水电泵的维护与保养	97

2.11.8 潜水电泵常见故障及其排除方法	98
-----------------------------	----

第3章 直流电机

3.1 直流电机	100
3.1.1 直流电机的分类	100
3.1.2 直流电机的基本结构	101
3.1.3 直流电机的工作原理	101
3.1.4 直流电机的型号	103
3.1.5 直流电机的技术数据	103
3.1.6 直流电动机的选择及实例	110
3.1.7 直流电动机的使用与维护	110
3.1.8 直流电机的常见故障及其排除方法	112
3.2 直流弧焊发电机	115
3.2.1 直流弧焊发电机的分类	115
3.2.2 直流弧焊发电机的结构	115
3.2.3 直流弧焊发电机的工作原理	115
3.2.4 直流弧焊发电机的技术数据	115
3.2.5 直流弧焊发电机的使用与维护	115
3.2.6 直流弧焊发电机的常见故障及其排除方法	117

第4章 控制电机

4.1 控制电机的分类	119
4.2 伺服电动机	120
4.2.1 直流伺服电动机	120
4.2.2 交流伺服电动机	124
4.3 测速发电机	128
4.3.1 直流测速发电机	128
4.3.2 同步测速发电机	129
4.3.3 异步测速发电机	131
4.3.4 测速发电机的选择	132
4.4 自整角机	133
4.4.1 自整角机的分类	133
4.4.2 力矩式自整角机	133
4.4.3 控制式自整角机	135
4.4.4 自整角机的技术数据	136
4.4.5 自整角机的选用	136
4.5 旋转变压器	139
4.5.1 旋转变压器的用途	139

4.5.2	旋转变压器的分类	139
4.5.3	旋转变压器的结构	140
4.5.4	旋转变压器的工作原理	141
4.5.5	旋转变压器的主要技术指标	142
4.5.6	旋转变压器的技术数据	143
4.6	步进电动机	145
4.6.1	步进电动机的用途	145
4.6.2	步进电动机的分类	146
4.6.3	反应式步进电动机的结构	146
4.6.4	反应式步进电动机的工作原理	147
4.6.5	三相反应式步进电动机的通电方式及其步距角和转速的关系	148
4.6.6	步进电动机的技术数据	149
4.6.7	步进电动机的常见故障及其排除方法	149

第5章 变压器

5.1	变压器	153
5.1.1	变压器的分类	153
5.1.2	变压器的结构和工作原理	153
5.1.3	变压器的主要技术参数	154
5.1.4	变压器的型号含义和技术数据	156
5.1.5	变压器容量的选用	156
5.1.6	变压器的运行与维护	156
5.1.7	变压器的常见故障及其排除方法	161
5.2	互感器	161
5.2.1	电压互感器	161
5.2.2	电流互感器	164
5.3	电焊变压器	166
5.3.1	电焊变压器的工作原理	166
5.3.2	电焊变压器的基本结构	167
5.3.3	电焊变压器的技术数据	168
5.3.4	电焊变压器的使用与维护	169
5.3.5	电焊变压器的常见故障及其排除方法	169

第6章 常用低压电器

6.1	低压电器的分类和用途	171
6.1.1	低压电器的分类和用途	171
6.1.2	低压电器的型号	172
6.1.3	低压电器的类别	174

6.2	刀开关、隔离器及熔断器组合电器	176
6.2.1	刀开关和隔离器	176
6.2.2	开启式负荷开关	178
6.2.3	封闭式负荷开关	180
6.2.4	刀开关的常见故障及其排除方法	181
6.3	熔断器	182
6.3.1	瓷插式熔断器	182
6.3.2	螺旋式熔断器	182
6.3.3	无填料封闭管式熔断器	183
6.3.4	有填料封闭管式熔断器	184
6.3.5	熔断器的选用及实例	185
6.3.6	熔断器的常见故障及其排除方法	186
6.4	断路器	187
6.4.1	万能式断路器	187
6.4.2	塑料外壳式断路器	189
6.4.3	断路器的选用及实例	190
6.4.4	断路器的常见故障及其排除方法	194
6.5	接触器	194
6.5.1	交流接触器	195
6.5.2	直流接触器	199
6.5.3	接触器的选用及实例	199
6.5.4	接触器的常见故障及其排除方法	201
6.6	继电器	202
6.6.1	中间继电器	202
6.6.2	时间继电器	203
6.6.3	热继电器	207
6.6.4	继电器的选用及实例	211
6.6.5	继电器的常见故障及其排除方法	214
6.7	主令电器	215
6.7.1	控制按钮	216
6.7.2	行程开关	219
6.8	启动器	221
6.8.1	电磁启动器	221
6.8.2	星-三角启动器	221
6.8.3	自耦减压启动器	223
6.8.4	启动器的选用	224
6.8.5	启动器的常见故障及其排除方法	225

7.1 异步电动机的启动方法	226
7.1.1 异步电动机的直接启动	226
7.1.2 异步电动机的自耦变压器降压启动	227
7.1.3 异步电动机的 Y- Δ 启动	227
7.1.4 线绕转子三相异步电动机的启动	228
7.2 异步电动机的调速方法	228
7.2.1 笼型三相异步电动机的调速方法	229
7.2.2 绕线转子三相异步电动机的调速方法	232
7.3 三相异步电动机的制动方法	233
7.3.1 三相异步电动机的回馈制动	233
7.3.2 三相异步电动机的反接制动	234
7.3.3 三相异步电动机的能耗制动	236
7.4 直流电动机的启动方法	237
7.4.1 直流电动机的直接启动	238
7.4.2 直流电动机的降压启动	239
7.4.3 直流电动机的电枢回路串电阻启动	240
7.5 直流电动机的调速	241
7.5.1 直流电动机的电枢回路串电阻调速	241
7.5.2 直流电动机的改变电枢端电压调速	242
7.5.3 直流电动机的改变励磁电流调速	243
7.6 直流电动机的制动	244
7.6.1 直流电动机的能耗制动	245
7.6.2 直流电动机的反接制动	246
7.6.3 直流电动机的回馈制动	247
7.7 交流电动机常用控制线路及有关计算	248
7.7.1 三相异步电动机单向启动、停止控制线路	248
7.7.2 三相异步电动机正反向运行控制线路	248
7.7.3 三相异步电动机点动与连续运行控制线路	248
7.7.4 电动机的多地点操作控制线路	249
7.7.5 多台电动机的顺序控制线路	249
7.7.6 三相异步电动机行程控制线路	250
7.7.7 三相异步电动机自动往复循环控制线路	250
7.7.8 笼型三相异步电动机定子绕组串电阻（或电抗器）启动控制线路	253
7.7.9 笼型三相异步电动机 Y- Δ 降压启动控制线路	253
7.7.10 笼型三相异步电动机采用自耦变压器降压启动控制线路	254
7.7.11 笼型三相异步电动机启动方法的选择与计算实例	256

7.7.12	绕线转子三相异步电动机转子回路串电阻启动控制线路	257
7.7.13	绕线转子三相异步电动机转子回路串电阻分级启动计算实例	258
7.7.14	绕线转子三相异步电动机转子回路串频敏变阻器启动控制线路	261
7.7.15	单绕组双速三相异步电动机的控制线路	261
7.7.16	笼型三相异步电动机变频调速计算实例	263
7.7.17	电磁调速异步电动机控制线路	264
7.7.18	绕线转子三相异步电动机转子回路串电阻调速控制线路	265
7.7.19	绕线转子三相异步电动机转子回路串电阻调速计算实例	265
7.7.20	三相异步电动机反接制动控制线路	267
7.7.21	三相异步电动机能耗制动控制线路	267
7.8	直流电动机常用控制线路及有关计算	269
7.8.1	直流电动机正反向运行控制线路	269
7.8.2	直流电动机启动控制线路	270
7.8.3	直流电动机启动计算实例	271
7.8.4	直流电动机调速计算实例	274
7.8.5	直流电动机制动控制线路	276
7.8.6	直流电动机制动计算实例	276

第 8 章 常用小型发电设备

8.1	柴油发电机组	278
8.1.1	柴油发电机组的特点	278
8.1.2	柴油发电机的组成	278
8.1.3	柴油机	279
8.1.4	同步发电机	282
8.1.5	柴油发电机组的技术数据	287
8.1.6	柴油发电机组的选择	287
8.1.7	柴油发电机组的使用及保养	289
8.1.8	柴油发电机组的常见故障及其排除方法	295
8.2	小型风力发电机	299
8.2.1	风力发电系统的组成	299
8.2.2	风力发电的分类	300
8.2.3	小型风力发电机的技术数据	301
8.2.4	风力发电机安装场地的选择	301
8.2.5	小型风力发电机的安装	303
8.2.6	小型风力发电机组的运行与维护	304
8.2.7	小型风力发电机组常见故障及其排除方法	306
8.3	太阳能光伏发电	307
8.3.1	太阳能光伏发电概述	307

8.3.2	太阳能光伏发电系统的基本构成	307
8.3.3	太阳能光伏发电系统的主要类型	308
8.3.4	太阳电池的构造与工作原理	308
8.3.5	太阳电池单元、组件及阵列	308
8.3.6	太阳电池的技术参数	310
8.3.7	太阳能光伏发电系统的安装	312
8.3.8	太阳能光伏发电系统的使用与维护	315

第9章 低压供配电线路

9.1	电力系统	317
9.1.1	电力系统的组成	317
9.1.2	电力系统的生产特点	317
9.2	低压架空线路	318
9.2.1	低压架空线路的一般规定	318
9.2.2	低压架空线路路径的选择	318
9.3	低压架空线路主要组成部件	319
9.3.1	电杆	319
9.3.2	横担	322
9.3.3	绝缘子	323
9.3.4	拉线	325
9.3.5	金具	329
9.3.6	导线	329
9.4	架空线路的检查与维护	334
9.4.1	架空线路的检查	334
9.4.2	架空线路的维修	335
9.5	接户线和进户线	336
9.5.1	低压线进户方式	336
9.5.2	接户线	337
9.5.3	进户线	338

第10章 室内配电线路与电气照明

10.1	室内配电线路的基本要求	340
10.1.1	室内配电线路的概念及基本要求	340
10.1.2	室内配电线路的设计	341
10.1.3	室内配电线路导线的连接	343
10.2	室内配电线路的工艺要求	349
10.2.1	瓷夹板配线	349

10.2.2	槽板配线	351
10.2.3	塑料护套配线	352
10.2.4	线管配线	354
10.3	电气照明的基本常识	355
10.3.1	电气照明的概念及分类	355
10.3.2	电气照明常用物理量	356
10.3.3	电气照明的质量要求	357
10.4	常用电光源的分类及特性	358
10.4.1	常用电光源的分类	358
10.4.2	电光源的特性参数	359
10.4.3	电光源的选用	360
10.5	照明灯具的分类及安装	360
10.5.1	照明灯具的分类	360
10.5.2	灯具的安装	361
10.6	照明装置的使用、安装和故障处理	362
10.6.1	白炽灯	362
10.6.2	荧光灯	368
10.6.3	高压汞灯	372
10.6.4	卤钨灯	374
10.6.5	高压钠灯	376
10.7	LED 照明	377
10.7.1	LED 概述	377
10.7.2	LED 光源的特点	377
10.7.3	常用 LED 灯泡的技术参数	379
10.7.4	LED 的使用注意事项	379
10.7.5	LED 驱动电源	379
10.7.6	LED 在室内照明领域的应用	382
10.7.7	LED 室内照明安装注意事项	383
10.7.8	LED 灯泡的电气连接	383

第 11 章 电工材料

11.1	导电材料	385
11.1.1	裸电线	385
11.1.2	绝缘电线	390
11.1.3	电磁线	393
11.1.4	电缆	396
11.2	绝缘材料	398
11.2.1	绝缘材料的分类	398

11.2.2	绝缘漆	401
11.2.3	绝缘浸渍纤维制品	402
11.2.4	电工用薄膜、粘带及复合材料	402
11.2.5	层压制品	403
11.2.6	云母制品	404
11.3	磁性材料	405
11.3.1	电磁纯铁	405
11.3.2	电工硅钢片	405

第 12 章 电工仪表与测量

12.1	电工仪表的类型和准确度等级	407
12.1.1	电工仪表的分类	407
12.1.2	电工仪表的型号	407
12.1.3	电工仪表的准确度等级	408
12.1.4	电工仪表的面板符号	409
12.2	电流表和电压表	410
12.2.1	磁电系电流表和电压表	410
12.2.2	电磁系电流表和电压表	413
12.2.3	电动系电流表和电压表	414
12.2.4	电流表和电压表的选择和使用注意事项	414
12.3	电能表	416
12.3.1	电能表的结构和工作原理	416
12.3.2	电子式电能表的结构和工作原理	417
12.3.3	电能表的技术数据	418
12.3.4	电子式电能表的技术数据	418
12.3.5	电能表常见故障及其排除方法	418
12.3.6	电能表的使用注意事项	418
12.4	万用表	421
12.4.1	万用表的结构和工作原理	422
12.4.2	万用表的技术数据	423
12.4.3	万用表常见故障及其排除方法	424
12.4.4	万用表的使用注意事项	425
12.5	绝缘电阻表	426
12.5.1	绝缘电阻表的结构和工作原理	426
12.5.2	绝缘电阻表的技术数据	427
12.5.3	绝缘电阻表常见故障及其排除方法	428
12.5.4	绝缘电阻表的使用注意事项	428
12.6	数字绝缘电阻测量仪	431

12.6.1	数字绝缘电阻测量仪的主要技术性能	431
12.6.2	绝缘电阻测试的方法步骤	431
12.6.3	数字绝缘电阻测量仪使用安全注意事项	432
12.7	钳形表	432
12.7.1	钳形电流表的结构和工作原理	432
12.7.2	钳形表的技术数据	433
12.7.3	钳形电流表常见故障及其排除方法	433
12.7.4	钳形电流表的使用注意事项	434
12.8	数字万用表	434
12.8.1	数字万用表的结构和工作原理	434
12.8.2	数字万用表的技术数据	435
12.8.3	数字万用表的使用注意事项	436
12.9	电桥	438
12.9.1	电桥的结构和工作原理	438
12.9.2	电桥的技术数据	439
12.9.3	电桥的使用注意事项	440
12.10	通用示波器	441
12.10.1	通用示波器的有关部件及功能	441
12.10.2	示波器的维护	443

第 13 章 电子技术基础

13.1	晶体二极管及应用线路	444
13.1.1	晶体二极管的结构和分类	444
13.1.2	晶体二极管的特性及主要技术参数	445
13.1.3	常用晶体二极管的型号及技术数据	446
13.1.4	晶体二极管的使用常识	449
13.1.5	整流电路	450
13.1.6	滤波电路	454
13.2	晶体三极管及应用线路	455
13.2.1	晶体三极管的结构和分类	455
13.2.2	晶体三极管的特性及主要技术参数	456
13.2.3	晶体三极管的型号及技术数据	458
13.2.4	晶体三极管的使用常识	465
13.2.5	晶体三极管的基本放大电路	467
13.2.6	晶体三极管的多级放大电路	468
13.2.7	功率放大电路	469
13.2.8	直流放大电路	471
13.2.9	反馈电路	473

13.3	场效应晶体管及应用线路	475
13.3.1	场效应晶体管的结构及分类	475
13.3.2	场效应晶体管的特性及主要技术参数	476
13.3.3	场效应晶体管的三种基本接法及偏置电路	479
13.3.4	场效应晶体管与三极管的对比	479
13.4	集成电路	480
13.4.1	集成电路的分类	480
13.4.2	集成运算放大器	481
13.4.3	集成电路的检测	481
13.5	逻辑电路	482
13.5.1	逻辑门电路	482
13.5.2	集成逻辑门电路	485

第14章 电力电子技术

14.1	电力电子器件	487
14.1.1	电力电子器件的分类	487
14.1.2	整流二极管	488
14.1.3	肖特基二极管	494
14.1.4	普通晶闸管	495
14.1.5	特殊晶闸管	501
14.1.6	双极结型晶体管	503
14.1.7	电力场效应晶体管	504
14.1.8	绝缘栅双极型晶体管	504
14.1.9	其他新型电力电子器件	505
14.2	电力电子电路	506
14.2.1	可控整流电路	506
14.2.2	逆变电路	506
14.2.3	直流斩波电路	509
14.2.4	交流调压电路	511
14.3	电力电子器件的驱动电路	516
14.3.1	晶闸管触发电路	516
14.3.2	全控型器件的驱动电路	522

第15章 可编程控制器PLC

15.1	概述	526
15.1.1	PLC的定义	526
15.1.2	PLC的分类	526
15.1.3	PLC的主要功能及特点	527