

简明



电工操作技能手册

徐红升 梁艳辉 主编

DIANGONG CAOZUO
JINENG SHOUC



化学工业出版社

简 明 电工操作技能手册

徐红升 梁艳辉 主编



化学工业出版社

· 北 京 ·

图书在版编目(CIP)数据

简明电工操作技能手册/徐红升,梁艳辉主编.

北京:化学工业出版社,2010.12

ISBN 978-7-122-09669-2

I. 简… II. ①徐…②梁… III. 电工-技术手册 IV. TM-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 200801 号

责任编辑:高墨荣

责任校对:宋 夏

文字编辑:云 雷

装帧设计:王晓宇

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 装:大厂聚鑫印刷有限责任公司

850mm×1168mm 1/32 印张 20 字数 541 千字

2011 年 1 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:48.00 元

版权所有 违者必究

前 言

随着我国经济建设的蓬勃发展，电气化程度正在日益提高，各行业、各部门从事电气工作的人员也在增加。为了满足电工作业人员掌握电工专业技能的学习要求，我们组织编写了《简明电工操作技能手册》一书。

本书以最新颁布的《国家职业标准——电工》的操作技能要求为依据，既面向生产，又注重基础知识的阐述，并将基础知识与技能知识和工艺知识相结合。本书收集了大量生产中实用的技术资料，结合编者的实践经验，突出实际操作，力求内容实用精练，体现电工技能特征。本书针对电工作业的特点，突出电工多种技能的运用，内容编排科学合理，检索方便省时，用尽可能小的篇幅包含尽可能多的内容，以满足读者学习知识的需求。

本书共 11 章，主要内容包括电工基础知识、电工基本操作、常用电工材料、常用电工仪表与仪器、照明装置和线路的安装、变压器和电动机的检修、常用低压电器、电气控制基本电路、典型生产机械的电气控制电路、电缆与架空线路工程等。

本书由徐红升、梁艳辉主编。徐红升编写第 1、4、5 章，刘忠元编写第 2、3 章，梁艳辉编写第 6、8、9、10 章，李红升编写第 7、11 章。全书由徐红升统稿。

由于编者水平有限，书中不妥之处，敬请广大读者批评指正。

编者

目 录

第 1 章 电工基础知识	1
1.1 常用计量单位	1
1.1.1 常用国际单位	1
1.1.2 常用计量单位	2
1.1.3 电工常用计算公式	3
1.2 常用电气符号	12
1.2.1 常用电气图形符号	12
1.2.2 常用电气文字符号	18
1.3 电气安全	22
1.3.1 电气安全用具的实验标准	22
1.3.2 安全电压标准	29
1.3.3 安全距离标准	29
1.3.4 安全牌	31
1.4 安全接地	32
1.4.1 保护接地的作用	32
1.4.2 保护接零	36
1.4.3 重复接地	39
1.4.4 接地装置	41
第 2 章 电工基本操作	44
2.1 钳工操作技能基础	44
2.1.1 常用量具与画线	44
2.1.2 錾削	51
2.1.3 锉削	56
2.1.4 锯削	61
2.1.5 钻孔	65

2.1.6	攻螺纹和套螺纹	68
2.1.7	矫正和弯曲	72
2.2	电工安全知识	77
2.2.1	电流对人体的危害	77
2.2.2	安全电压	80
2.2.3	触电的急救处理	81
2.2.4	防护措施	89
2.3	绝缘导线的连接	91
2.3.1	剥削绝缘层与绝缘恢复	91
2.3.2	导线的连接	95
2.4	登高作业	99
2.4.1	登高工具	99
2.4.2	常见的绳子结扣	102
2.5	安全操作技术措施	104
2.5.1	停电	104
2.5.2	验电	105
2.5.3	装设接地地线	106
2.5.4	悬挂标示牌和装设遮栏	107
第3章	常用电工材料	108
3.1	电线和电缆	108
3.1.1	裸导线	108
3.1.2	电磁线	111
3.1.3	电气设备用电线电缆	117
3.2	绝缘材料	127
3.2.1	绝缘材料的分类	127
3.2.2	绝缘油	129
3.2.3	绝缘漆	130
3.2.4	绝缘、浸漆纤维制品及电工层压制品	132
3.2.5	电工用塑料、绝缘薄膜及其制品	133
3.3	磁性材料	135
3.3.1	软磁材料	135

3.3.2	硬磁材料	136
3.4	特殊导电材料	137
3.4.1	常用熔体材料	137
3.4.2	电阻材料	138
3.4.3	电热材料	140
3.4.4	电触头材料	140
3.4.5	电刷材料	143
第4章	常用电工仪表与仪器	146
4.1	电工仪表标志符号	146
4.1.1	电工仪表的准确度等级	146
4.1.2	电工仪表的标志符号	146
4.2	常用电工仪表	148
4.2.1	电流表	148
4.2.2	电压表	151
4.2.3	万用表	152
4.2.4	功率表	167
4.2.5	电能表	180
4.2.6	兆欧表	196
4.2.7	电桥	202
第5章	照明装置和线路的安装	206
5.1	照明装置	206
5.1.1	工厂常用的电光源	206
5.1.2	工厂常用照明灯具类型的选择	208
5.1.3	常用照明附件	210
5.2	照明装置的安装和维修	214
5.2.1	白炽灯	214
5.2.2	荧光灯	215
5.2.3	气体发光灯	218
5.2.4	灯具安装时的注意事项	228
5.2.5	照明线路的安装	229
5.2.6	低压安全灯的组成	230

5.2.7	低压安全电源线路	231
5.2.8	低压安全线路的维护保养	233
5.2.9	照明光源的选择	234
5.3	导线规格及选用	235
5.3.1	导线的型号	235
5.3.2	导线的选用	236
5.4	照明线路安装	242
5.4.1	接户线的一般要求	242
5.4.2	表线的安装	245
5.4.3	线槽线路安装	248
5.4.4	线管配线	250
第6章	变压器	254
6.1	变压器的分类和原理	254
6.1.1	变压器的分类和用途	254
6.1.2	变压器的原理	255
6.1.3	变压器的铭牌参数	256
6.2	变压器的结构与绕组连接	258
6.2.1	变压器的结构	258
6.2.2	变压器绕组的极性测定	265
6.2.3	三相变压器绕组的连接	266
6.3	变压器运行维护	269
6.3.1	运行中的检查	269
6.3.2	电力变压器运行的故障分析及排除方法	273
6.4	特殊用途的变压器	275
6.4.1	自耦变压器	275
6.4.2	互感器	277
6.4.3	电焊变压器	281
6.5	小型变压器的设计及绕制	284
6.5.1	小型单相变压器的设计	284
6.5.2	小型变压器的绕制	289
第7章	电动机的检修	292

7.1 电动机的基础知识	292
7.1.1 电动机的种类和用途	292
7.1.2 异步电动机的工作原理	293
7.1.3 异步电动机的结构	298
7.1.4 异步电动机的铭牌和型号	302
7.2 异步电动机一般常见故障的判断及维修	305
7.2.1 异步电动机的日常维护检查	305
7.2.2 异步电动机的例行维护和检查	306
7.2.3 异步电动机一般常见故障的判断及维修	308
7.3 电动机的拆装	311
7.3.1 拆卸前的准备工作	311
7.3.2 拆卸方法和步骤	312
7.3.3 修后装配	314
7.4 中、小型异步电动机绕组	315
7.4.1 绕组的基本术语	316
7.4.2 三相异步电动机定子绕组的分类和连接	317
7.4.3 绕组的排列	318
7.5 绕组的修理	323
7.5.1 定子绕组故障的检修	323
7.5.2 转子绕组故障的检修	330
7.5.3 定子绕组重绕工艺	332
7.6 电动机修复后的试验	348
7.6.1 试验前的检查	348
7.6.2 绝缘试验	349
7.6.3 空载运转试验	349
7.6.4 温升试验	351
7.6.5 超速试验	351
7.7 单相异步电动机	352
7.7.1 单相异步电动机的结构与原理	352
7.7.2 单相异步电动机的启动	359
7.7.3 单相异步电动机的常见故障及处理	360

7.7.4 单相异步电动机的嵌线	364
7.8 直流电动机	368
7.8.1 直流电动机的构造	368
7.8.2 直流电动机运行故障的检查与处理	372
7.8.3 直流电动机火花等级的鉴别	377
7.8.4 轴承的使用与维修	378
7.8.5 转子的平衡	383
7.9 同步电动机	384
7.9.1 同步电动机的基本结构	385
7.9.2 同步电动机的工作原理	386
7.9.3 同步电动机的启动	386
7.10 控制电机	388
7.10.1 测速发电机	389
7.10.2 伺服电动机	394
7.10.3 电磁调速电动机	396
7.10.4 步进电动机	400
第8章 常用低压电器	406
8.1 电器的基本知识	406
8.1.1 电器的分类	406
8.1.2 电磁式电器的基本结构	407
8.1.3 低压电器的灭弧	409
8.2 开关电器	410
8.2.1 刀开关	410
8.2.2 组合开关	412
8.2.3 断路器	414
8.2.4 漏电保护断路器	419
8.3 熔断器	422
8.3.1 熔体的电流选择	426
8.3.2 使用熔断器的注意事项	427
8.4 主令电器	428
8.4.1 按钮	428

8.4.2	位置开关	433
8.4.3	凸轮控制器	437
8.5	接触器	440
8.5.1	接触器的工作原理	440
8.5.2	接触器的主要类型和技术参数	451
8.5.3	接触器的选择	452
8.6	继电器	454
8.6.1	电磁式继电器	454
8.6.2	时间继电器	456
8.6.3	热继电器	458
8.6.4	速度继电器	461
8.6.5	固态继电器	463
8.7	电磁铁	464
8.7.1	牵引电磁铁	466
8.7.2	液压控制元件	469
第9章	电气控制基本电路	471
9.1	安全操作规定及工艺规定	471
9.1.1	安全操作规定	471
9.1.2	识读电气图	477
9.1.3	板前布线安装工艺规定	480
9.1.4	塑料槽板布线工艺规定	482
9.1.5	线束布线工艺规定	482
9.1.6	GGD 配电柜配线与安装	484
9.2	三相笼型异步电动机全压启动控制	495
9.2.1	刀开关、熔丝的控制	495
9.2.2	组合开关的控制	495
9.2.3	低压断路器的控制	495
9.2.4	电磁启动器的控制	495
9.2.5	点动控制	498
9.2.6	顺序控制	498
9.2.7	正反转控制	499

9.3	三相笼型异步电动机减压启动控制	501
9.3.1	自耦补偿减压启动	501
9.3.2	星形-三角形降压启动	508
9.4	三相绕线转子异步电动机控制	510
9.5	三相笼型异步电动机制动控制	513
9.6	三相笼型异步电动机的调速控制	515
第 10 章	典型生产机械的电气控制电路	518
10.1	机床电气设备的维修	518
10.1.1	对机床电路进行分析的方法和步骤	518
10.1.2	机床电气设备的日常维护和保养	519
10.1.3	机床电气设备的故障分析和检修	520
10.2	车床的电气控制 (CA6140)	527
10.3	磨床的电气控制 (M-7475B)	532
10.4	摇臂钻床的电气控制 (Z3050)	540
10.5	铣床的电气控制 (X62W)	547
10.6	镗床的电气控制 (T68)	557
10.7	15/3 吨电动起重机的电气控制	564
第 11 章	电缆与架空线路工程	577
11.1	电缆工程	577
11.1.1	电缆的检查及放线	577
11.1.2	电缆直接埋地敷设	578
11.1.3	电缆沟内敷设	581
11.1.4	电缆排管敷设	585
11.1.5	聚氯乙烯绝缘电缆中间接头制作	586
11.1.6	聚氯乙烯绝缘电缆终端头的制作	589
11.1.7	电缆桥架敷设	592
11.2	低压架空线路的安装	601
11.2.1	架空输电线路的安装	601
11.2.2	导线的固定	607
11.2.3	架空导线截面的选择	608
11.2.4	架空导线在杆上的最小距离	609

11.2.5	架空线对地面和跨越物的最小距离	609
11.2.6	架空导线的最低弛度	610
11.2.7	导线的三同要求	611
11.2.8	低压架空线路的安装	611
11.2.9	架空线路的结构	611
11.2.10	电杆的杆型	611
11.2.11	拉线	611
11.2.12	接户线	616
参考文献		618

第 1 章 电工基础知识

1.1 常用计量单位

1.1.1 常用国际单位

国际单位制基本单位如表 1-1 所示。

表 1-1 国际单位制基本单位

量的名称	单位名称	单位符号	量的名称	单位名称	单位符号
长度	米	m	热力学温度	开(开尔文)	K
质量	千克(公斤)	kg	物质的量	摩(摩尔)	mol
时间	秒	s	发光强度	坎(坎德拉)	cd
电流	安(安培)	A			

注. 1. 圆括号中的名称, 是它前面的名称的同义词, 下同。

2. 本标准所列的符号, 除特殊说明外, 均指我国法定计量单位中所规定的符号以及国际符号, 下同。

3. 人们在生活和贸易中, 质量习惯称为重量。

包括国际单位制辅助单位在内的具有专门名称的国际单位制导出单位如表 1-2 所示。

表 1-2 国际单位制辅助单位及导出单位

量的名称	导出单位		
	名称	符号	用 SI 基本单位和 SI 导出单位表示
(平面)角	弧度	rad	$1\text{rad}=1\text{m}/\text{m}=1$
立体角	球面度	sr	$1\text{sr}=1\text{m}^2/\text{m}^2=1$
频率	赫(赫兹)	Hz	$1\text{Hz}=1\text{s}^{-1}$
力	牛(牛顿)	N	$1\text{N}=1\text{kg}\cdot\text{m}/\text{s}^2$

续表

量的名称	导出单位		
	名称	符号	用 SI 基本单位和 SI 导出单位表示
压力,压强,应力	帕(帕斯卡)	Pa	$1\text{Pa}=1\text{N}/\text{m}^2$
能(量),功,热量	焦(焦耳)	J	$1\text{J}=1\text{N}\cdot\text{m}$
功率,辐(射能)通量	瓦(瓦特)	W	$1\text{W}=1\text{J}/\text{s}$
电荷(量)	库(库仑)	C	$1\text{C}=1\text{A}\cdot\text{s}$
电压,电动势,电位(电势)	伏(伏特)	V	$1\text{V}=1\text{W}/\text{A}$
电容	法(法拉)	F	$1\text{F}=1\text{C}/\text{V}$
电阻	欧(欧姆)	Ω	$1\Omega=1\text{V}/\text{A}$
电导	西(西门子)	S	$1\text{S}=1\Omega^{-1}$
磁通(量)	韦(韦伯)	Wb	$1\text{Wb}=1\text{V}\cdot\text{s}$
磁通(量)密度,磁感应强度	特(斯拉)	T	$1\text{T}=1\text{Wb}/\text{m}^2$
电感	亨(亨利)	H	$1\text{H}=1\text{Wb}/\text{A}$
摄氏温度	摄氏度	$^{\circ}\text{C}$	$1^{\circ}\text{C}=1\text{K}$
光通量	流(流明)	lm	$1\text{lm}=1\text{cd}\cdot\text{sr}$
(光)照度	勒(勒克斯)	lx	$1\text{lx}=1\text{lm}/\text{m}^2$

1.1.2 常用计量单位

可与国际单位制单位并用的我国法定计量单位如表 1-3 所示。

表 1-3 可与国际单位制单位并用的我国法定计量单位

量的名称	单位名称	单位符号	与 SI 单位的关系
时间	分	min	$1\text{min}=60\text{s}$
	小时	h	$1\text{h}=60\text{min}=3600\text{s}$
	日	d	$1\text{d}=24\text{h}=86400\text{s}$
平面角	度	$^{\circ}$	$1^{\circ}=(\pi/180)\text{rad}$
	角分	'	$1'=(1/60)^{\circ}=(\pi/10800)\text{rad}$
	角秒	"	$1''=(1/60)'=(\pi/648000)\text{rad}$
质量	吨	t	$1\text{t}=10^3\text{kg}$
	原子质量单位	u	$1\text{u}\approx 1.660540\times 10^{-27}\text{kg}$

续表

量的名称	单位名称	单位符号	与 SI 单位的关系
旋转速度	转/每分	r/min	$1\text{r/min} = (1/60)\text{s}^{-1}$
能	电子伏	eV	$1\text{eV} \approx 1.602177 \times 10^{-19}\text{J}$
级差	分贝	dB	
线密度	特克斯	tex	$1\text{tex} = 10^{-6}\text{kg/m}$

1.1.3 电工常用计算公式

(1) 直流电路计算公式

直流电路计算公式见表 1-4。

表 1-4 直流电路计算公式

名 称	公 式	说 明
电 流	$I = \frac{Q}{t}$	式中 I—导体中的电流, A Q—流过导体横截面积的电荷量, C t—电荷量流过导体的时间, s
电 位	$V = \frac{W}{Q}$	式中 V—电场中某点的电位, V W—电场力将单位正电荷从该点移动到参考点所做的功, J Q—电荷量, C
电压、电位差	$U = \frac{W}{Q} = V_1 - V_2$	式中 U—电场中两点间的电压或电位差, V W—电场力将单位正电荷从某点移动到另一点所做的功, J Q—电荷量, C V ₁ , V ₂ —分别为电场中某两点的电位, V
电动势	$E = \frac{W}{Q}$	式中 E—电源的电动势, V W—电源力将单位正电荷从电源负极移动到正极所做的功, J Q—电荷量, C

续表

名 称	公 式	说 明
电 阻	$R = \rho \frac{l}{A} = \frac{l}{rA}$ $r = \frac{1}{\rho}$	式中 R —导体电阻, Ω ρ —导体的电阻率, $\Omega \cdot m$ l —导体的长度, m A —导体的截面积, m^2 r —导体的电导率, $1/(\Omega \cdot m)$
电 导	$G = \frac{1}{R}$	式中 G —电导, S R —电阻, Ω
电阻与温度的关系	$R_2 = R_1 [1 + \alpha_1 (t_2 - t_1)]$	式中 R_1 —温度为 t_1 时导体电阻, Ω R_2 —温度为 t_2 时导体电阻, Ω α_1 —导体电阻的温度系数 t_1, t_2 —导体的温度, $^{\circ}C$
电 容	$C = \frac{Q}{U}$	式中 C —电容器的电容量, F Q —电容器所带的电荷量, C U —电容器两端的电压, V
线圈电感	$L = \frac{N\Phi}{i} = \frac{\psi}{i}$	式中 L —线圈的电感量, H N —线圈匝数 Φ —与线圈交链的磁通, Wb ψ —线圈的磁链, Wb i —线圈中的电流, A
有铁芯的线圈电感	$L = \frac{1.25 N^2 A \mu}{l} \times 10^{-8}$ $\mu = \mu_0 \mu_r$	式中 L —线圈的电感量, H N —线圈匝数 A —线圈截面, cm^2 μ —磁导率, H/m μ_0 —真空或空气的磁导率 μ_r —相对磁导率 l —磁路长度, cm
电 功	$W = UI t = P t = I^2 R t = \frac{U^2}{R} t$	式中 W —电功(即电能), J 或 $kW \cdot h$ P —电功率(简称功率), W 或 kW t —时间, s 或 h
电 功率	$P = \frac{W}{t} = UI = I^2 R = \frac{U^2}{R}$	