



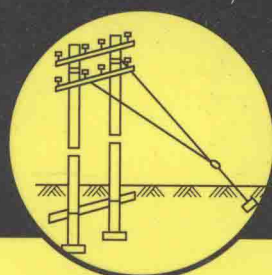
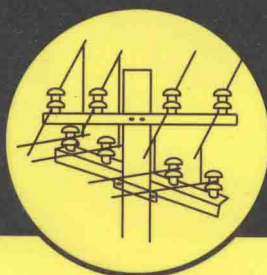
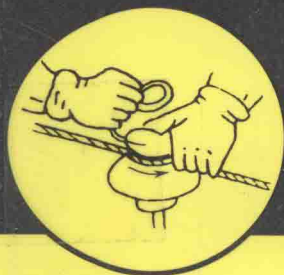
赵慧峰 乔长君 等编

维修电工

WEIXIU DIANGONG

CAOZUO JINENG SHOUC

操作技能 手册



化学工业出版社

维修电工操作技能手册

赵慧峰 乔长君 等编



化学工业出版社

· 北 京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

维修电工操作技能手册/赵慧峰, 乔长君等编. —北京: 化学工业出版社, 2012. 10

ISBN 978-7-122-15314-2

I. ①维… II. ①赵…②乔… III. ①电工-维修-技术手册
IV. ①TM07-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 213784 号

责任编辑: 高墨荣
责任校对: 边 涛

文字编辑: 高 震
装帧设计: 刘丽华

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: 北京云浩印刷有限责任公司
850mm×1168mm 1/32 印张 14 $\frac{1}{4}$ 字数 401 千字
2013 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: 49.00 元

版权所有 违者必究



前言

维修电工是一个技术性很高的工种，它不仅要求电工能准确查找故障，还要求电工能快速排除故障，因此维修电工既要有丰厚的基础知识，还要有较强的操作技能。本手册就是为广大维修电工和电气技术人员在实际工作中查找和排除电气故障而编写的。

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，既面向生产实际，又注重基础知识的阐述，并将基础知识与技能结合。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，体现维修电工技能特征。本书内容编排科学合理，检索方便省时，用尽可能小的篇幅包含了尽可能多的内容，以满足读者学习知识的需求。

全书共 12 章，主要内容包括电工基本知识与技能、电工材料、低压电器、高压电器、变压器、三相异步电动机、三相异步电动机典型控制线路与故障判断、直流电动机、照明与配线、电缆的敷设、10kV 以下架空线路、电气安全等。

本书在编写中从实用出发，力求简单、通俗易懂。具有以下特点。

- ① 先进性：本手册所选内容包含了维修电工所用新材料、新设备、新工艺。
- ② 系统性：本手册的每一章都是维修电工一个大方面的内容，全面具体。
- ③ 实用性：本手册所选方法、工艺都是维修电工常用的，贴近

维修实际。

④ 方便性：各种电气设备的故障处理方法及典型控制线路都可以很快地在本书查到。

参加本书编写的有赵慧峰、乔长君、赵松楠、张春斌、董啸、魏昕、申玉有、马军、刘艺明、朱家敏、于蕾、武振忠、杨春林等。

由于编者水平有限，书中不妥之处在所难免，敬请广大读者批评指正。

编 者

目录

第1章 电工基本知识与技能

1

1.1 常用计量单位与计算公式	1
1.1.1 常用国际单位	1
1.1.2 常用计量单位	3
1.1.3 常用计算公式	6
1.2 电工识图知识	15
1.2.1 常用电气图形符号	15
1.2.2 常用电气文字符号	21
1.2.3 电气识图的基本方法	25
1.3 电工工具与仪表	30
1.3.1 电工工具	30
1.3.2 电气安全用具	41
1.3.3 电工仪表	42
1.4 维修电工基本操作	45
1.4.1 钳工操作技能	45
1.4.2 绝缘导线的连接	55

第2章 电工材料

63

2.1 导电材料	63
2.1.1 导电材料的用途、特点和参数	63

2.1.2	铜和铜合金	63
2.1.3	铝和铝合金	64
2.1.4	电磁线	65
2.1.5	电线、电缆	65
2.2	绝缘材料	74
2.2.1	浸渍纤维材料	74
2.2.2	云母制品	76
2.2.3	塑料薄膜、复合制品及黏带	78
2.2.4	绝缘漆、绝缘胶和熔敷粉	82
2.3	磁性材料和电热材料	86
2.3.1	磁性材料	86
2.3.2	电热材料	86
2.4	电气安装材料	93
2.4.1	电线管	93
2.4.2	聚氯乙烯硬管及半硬管	93

第3章 低压电器

95

3.1	刀关、隔离器、熔断器组合电器	95
3.1.1	刀开关和隔离器	95
3.1.2	开启式负荷开关	100
3.1.3	封闭式负荷开关	103
3.1.4	组合开关	106
3.2	熔断器	109
3.2.1	熔断器的用途	109
3.2.2	熔断器的选择	109
3.2.3	熔断器的使用和维修	114
3.3	低压断路器	116
3.3.1	低压断路器的用途	116
3.3.2	低压断路器的选择	116
3.3.3	低压断路器的使用和维修	119
3.4	接触器	122

3.4.1	接触器的用途	122
3.4.2	接触器的选择	122
3.4.3	接触器的使用和维护	126
3.5	继电器	128
3.5.1	时间继电器	128
3.5.2	热继电器	131
3.6	主令电器	137
3.6.1	按钮	137
3.6.2	行程开关	139
3.6.3	万能转换开关	140
3.6.4	主令控制器	141
3.7	电磁铁	143
3.7.1	电磁铁用途	143
3.7.2	电磁铁的使用和维护	143
3.8	电动机保护器	145
3.8.1	JDB-YE ⁺ 电动机保护器的功能	145
3.8.2	JDB-YE ⁺ 电动机保护器的设置	146

第4章 高压电器

149

4.1	高压熔断器	149
4.1.1	高压熔断器的用途	149
4.1.2	使用注意事项和常见故障	149
4.2	隔离开关	150
4.2.1	隔离开关用途	150
4.2.2	隔离开关的结构	151
4.2.3	使用注意事项和常见故障	152
4.3	断路器	154
4.3.1	高压断路器用途	154
4.3.2	真空断路器	155
4.3.3	SF ₆ 断路器	158
4.4	断路器的操动机构	161

4.4.1	操动机构分类及用途	161
4.4.2	CT8 型弹簧机构	162
4.4.3	CD10 型电磁操动机构	164
4.4.4	CY5 型液压操动机构	164

第 5 章 变压器

170

5.1	变压器的结构和工作原理	170
5.1.1	变压器的结构	170
5.1.2	单相变压器工作原理	170
5.1.3	电力变压器的连接组别	171
5.1.4	技术参数	172
5.2	变压器并列运行	173
5.2.1	并列条件	173
5.2.2	并列运行条件分析	174
5.3	专用变压器	175
5.3.1	自耦变压器	175
5.3.2	整流变压器	176
5.3.3	电流互感器	177
5.3.4	电压互感器	179
5.4	变压器的保护	179
5.4.1	中、小型变压器的保护	179
5.4.2	小型变压器的保护	183
5.5	变压器维修	185
5.5.1	变压器的常见故障及处理方法	185
5.5.2	变压器的维护	188

第 6 章 三相异步电动机

191

6.1	三相异步电动机原理与运行	191
6.1.1	三相异步电动机结构与原理	191
6.1.2	铭牌	192

6.2 三相异步电动机的控制原理	193
6.2.1 三相异步电动机的启动	193
6.2.2 三相异步电动机的制动	195
6.2.3 三相异步电动机的调速	196
6.3 三相低压异步电动机的维修	198
6.3.1 三相低压异步电动机常见故障处理	198
6.3.2 三相低压电动机常见故障判断方法	200
6.3.3 三相低压电动机检修	204

第7章 三相异步电动机典型控制线路与故障判断

208

7.1 三相笼型异步电动机典型控制线路	208
7.1.1 全压启动控制线路	208
7.1.2 降压启动控制线路	213
7.1.3 制动控制线路	217
7.1.4 调速控制线路	220
7.2 绕线式异步电动机典型控制线路	221
7.2.1 启动控制线路	221
7.2.2 起重机械电气控制线路	224
7.3 典型机床控制线路	235
7.3.1 车床控制线路	235
7.3.2 磨床控制线路	239
7.3.3 摇臂钻床控制线路	243
7.3.4 铣床控制线路	245
7.3.5 其他机床控制线路	252
7.4 三相异步电动机控制线路故障判断	260
7.4.1 三相异步电动机控制线路故障查找步骤	260
7.4.2 三相异步电动机控制线路断路故障判断方法	262
7.4.3 三相异步电动机控制线路故障判断示例	267

第8章 直流电动机

270

8.1 直流电动机结构与工作原理	270
8.1.1 直流电动机的基本结构	270
8.1.2 直流电动机工作原理	271
8.1.3 换向火花	271
8.2 直流电动机的控制	272
8.2.1 直流电动机的启动	272
8.2.2 直流电动机的调速	272
8.2.3 直流电动机的制动	272
8.3 直流电动机的控制线路	274
8.3.1 启动控制线路	274
8.3.2 调速与制动线路	275
8.4 直流电动机的维修	277
8.4.1 直流电动机常见故障及处理方法	277
8.4.2 直流电动机的修理方法	281

第9章 照明与配线

285

9.1 照明装置	285
9.1.1 工厂常用的电光源	285
9.1.2 照明灯具的选择	286
9.2 室内配线	288
9.2.1 导线及线管的选择	288
9.2.2 塑料护套线配线	290
9.2.3 半硬塑料管暗敷设	295
9.2.4 钢管明配线	301
9.2.5 管内穿线	309
9.3 电气照明设备的安装	312
9.3.1 低压配电箱的安装	312
9.3.2 灯具安装	314
9.4 照明装置的维修	317
9.4.1 常用照明线路	317
9.4.2 电气照明的维修	321

9.4.3 照明灯具故障	325
--------------------	-----

第 10 章 电缆的敷设

331

10.1 电缆的桥架敷设	331
10.1.1 电缆桥架的结构	331
10.1.2 电缆桥架的选择	333
10.1.3 支架制作安装	335
10.1.4 立柱与托臂的安装	337
10.1.5 电缆桥架的安装、组装与接地	340
10.1.6 电缆桥架内敷设工艺	342
10.2 其他敷设方式	343
10.2.1 室内电缆明敷设	343
10.2.2 直埋敷设	345
10.3 电缆头制作	351
10.3.1 塑料电缆终端头的制作	351
10.3.2 塑料电缆中间头的制作	353
10.3.3 交联电缆热缩型终端头的制作	355
10.3.4 交联电缆热缩型中间头的制作	357

第 11 章 10kV 以下架空线路

359

11.1 架空线路的结构	359
11.1.1 架空线路的导线	359
11.1.2 架空线路的电杆	359
11.1.3 架空线路的横担	361
11.1.4 架空线路的绝缘子(瓷瓶)	362
11.1.5 架空线路的金具	363
11.1.6 架空线路的拉线	366
11.2 架空线路的施工	368
11.2.1 电杆的安装	368
11.2.2 横担安装	379

11.2.3	绝缘子的安装	381
11.2.4	拉线的制作安装	382
11.2.5	导线的安装	389
11.2.6	低压进户装置的安装	396
11.3	架空线路的维护与检修	400
11.3.1	架空线路的维护	400
11.3.2	架空线路的检修	401

第 12 章 电气安全

405

12.1	电气安全基本知识	405
12.1.1	电击伤的种类	405
12.1.2	电流对人体伤害的程度及其因素	406
12.1.3	安全电流和安全电压	411
12.1.4	触电形式	413
12.1.5	触电事故的规律	418
12.1.6	触电救护	422
12.2	电气防火和防爆	425
12.2.1	造成电气火灾的主要原因	425
12.2.2	防火和防爆措施	426
12.2.3	扑灭电气火灾的常识	434
12.2.4	电气防火和防爆措施	438

参考文献

440

第1章

电工基本知识与技能

1.1 常用计量单位与计算公式

1.1.1 常用国际单位

(1) 国际单位制的基本单位 (见表 1-1)

表 1-1 国际单位制的基本单位

量的单位	单位名称	单位符号	定 义
长度	米	m	米是光在真空中 $1/299792458$ s 时间间隔内所经路径的长度
质量	千克(公斤)	kg	千克等于国际千克原子的质量
时间	秒	s	秒是铯-133 铯原子基态的两个超精细能级之间跃迁所对应的辐射的 9192631770 个周期的持续时间
电流	安培	A	安培是一恒定电流,若保持在处于真空中相距 1m 的两无限长而圆截面可忽略的平行直导线内,则在此两导线之间产生的力在每米长度上等于 $2 \times 10^{-7} \text{N}$
热力学温度	开尔文	K	开尔文是水三相点热力学温度的 $1/273.16$
物质的量	摩尔	mol	摩尔是系统的物质的量,该系统中所包含的基本单元数与 0.012kg 碳-12 的原子数目相等
发光强度	坎德拉	cd	坎德拉是光源给定方向上的发光强度,该光源发出频率为 $540 \times 10^{12} \text{Hz}$ 的单色辐射,且在此方向上的辐射强度为 $(1/683) \text{W/sr}$



(2) 国际单位制的辅助单位 (见表 1-2)

表 1-2 国际单位制的辅助单位

量的名称	单位名称	单位符号	定 义
[平面]角	弧角	rad	弧度是一个圆内两条半径间的平面角,这两条半径在圆周上截取的弧长与半径相等
立体角	球面度	sr	球面度是一个立体角,其顶点位于球心,而它在球面上所截取的面积等于以球半径为边长的正方形的面积

(3) 国际单位制具有专门名称的导出单位 (见表 1-3)

表 1-3 国际单位制具有专门名称的导出单位

量的名称	SI 导出单位			
	名称	符号	表示式	
			用 SI 单位	用 SI 基本单位及 SI 导出单位
频率	赫[兹]	Hz	—	s^{-1}
力、重量	牛[顿]	N	—	$m \cdot kg \cdot s^{-2}$
压力、压强、应力	帕[斯卡]	Pa	N/m^2	$m^{-1} \cdot kg \cdot s^{-2}$
能量、功、热量	焦[耳]	J	$N \cdot m$	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-2}$
功率、辐射能、通量	瓦[特]	W	J/s	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-3}$
电荷量	库[仑]	C	—	$s \cdot A$
电压、电动势、电位	伏[特]	V	W/A	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-3} \cdot A^{-1}$
电容	法[拉]	F	C/V	$m^{-2} \cdot kg^{-1} s^3 \cdot A^2$
电阻	欧[姆]	Ω	V/A	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-2} \cdot A^{-1}$
电导	西[门子]	S	A/V	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-2} \cdot A^{-2}$
磁通	韦[伯]	Wb	$V \cdot s$	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-2} \cdot A^{-2}$
磁通密度、磁感应强度	特[斯拉]	T	Wb/m^2	$kg \cdot s^{-2} \cdot A^{-1}$
电感	亨[利]	H	Wb/A	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-2} \cdot A^{-2}$
摄氏温度	摄氏度	$^{\circ}C$	—	K
光通量	流[明]	lm	—	cd, sr
光照度	勒[克斯]	lx	lm/m^2	$cd \cdot sr \cdot m^{-2}$
放射性活度	贝可勒耳	Bq	—	s^{-1}
吸收剂量	戈瑞	Gy	J/kg	$m^2 \cdot s^{-2}$
比授予能				
比释功能	希[沃特]	Sv	J/kg	$m^2 \cdot s^{-2}$
剂量当量				

(4) 可与国际单位制基本单位并用的我国法定计量单位 (见表 1-4)

表 1-4 可与国际单位制基本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	换算关系和说明
时间	分	min	$1\text{min}=60\text{s}$
	[小]时	h	$1\text{h}=60\text{min}=3600\text{s}$
	日,(天)	d	$1\text{d}=24\text{h}=86400\text{s}$
平面角	[角]秒	($''$)	$1''=(\pi/64800)\text{rad}$
	[角]分	($'$)	$1'=60''=(\pi/10800)\text{rad}$
	度	($^{\circ}$)	$1^{\circ}=60'=(\pi/180)\text{rad}$
旋转速度	转每分	r/min	$1\text{r/min}=(1\text{r}/60)\text{s}^{-1}$
长度	海里	n mile	$1\text{n mile}=1852\text{m}$ (只用于航程)
速度	节	kn	$1\text{kn}=1\text{n mile/h}=(1852/3600)\text{m/s}$ (只用于航行)
质量	吨	t	$1\text{t}=10^3\text{kg}$
	原子质量单位	u	$1\text{u}\approx 1.6605655\times 10^{-27}\text{kg}$
体积、容积	升	L	$1\text{L}=1\text{dm}^3=10^{-3}\text{m}^3$
能	电子伏	eV	$1\text{eV}\approx 1.6021892\times 10^{-19}\text{J}$
级差	分贝	dB	
线密度	特[克斯]	tex	$1\text{tex}=1\text{g/km}$

1.1.2 常用计量单位

电工常用计量单位见表 1-5。

表 1-5 电工常用计量单位

量的名称和符号		单位的名称和符号		换算或说明
名称	符号	名称	符号	
长度	L	米	m	$1\text{km}=1000\text{m}$
宽度	b	分米	dm	$1\text{m}=10\text{dm}$
高度	h	厘米	cm	$1\text{dm}=10\text{cm}$
厚度	$\delta(d,t)$	毫米	mm	$1\text{cm}=10\text{mm}$
半径	R,r	微米	μm	$1\text{mm}=1000\mu\text{m}$
直径	D,d			用公×称呼的单位除公斤、公里之外,其余全部废除
距离	S			
面积	$A(S)$	平方米	m^2	



续表

量的名称和符号		单位的名称和符号		换算或说明
名称	符号	名称	符号	
体积 容积	V	立方米 升 毫米	m^3 L mL	$1L=10^{-3}m^3$ $1mL=10^{-3}L$
平面角	$\alpha, \beta, \gamma, \phi, \theta$	弧度 度 分 秒	rad (°) (′) (″)	“度”应优先使用。十进制小数,其符号标于数字之后,例如 15.27°
立体角	Ω, ω	球面度	sr	
时间	t	日 小时 分 秒	d h min s	$1d=24h=86400s$ $1h=60min=3600s$ $1min=60s$
旋转速度	n	转每分	r/min	
角速度	ω	弧度每秒	rad/s	
角加速度	a	弧度每 平方秒	rad/s ²	
速度	v	米/秒	m/s	
加速度	a	米每平方秒	m/s ²	
质量	m	吨 千克(公斤)	t kg	$1t=1000kg$ 人民生活 and 贸易中,质量习惯 称为重量。
周期	T	秒	s	$T=1/f$
频率	f	赫兹 千赫兹 兆赫兹	Hz kHz MHz	
角频率	ω	弧度每秒	rad/s	
密度	ρ	千克每立方米 吨每立方米 千克每升	kg/m ³ t/m ³ kg/L	
力 重力	F $W(P, G)$	牛顿	N	
力矩 转矩 力偶矩	M M, T M	牛顿米	N·m	