

简简单单学 ——电工操作

◎王兰君 黄海平 邢 军 编



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

简简单单学——电工操作

王兰君 黄海平 邢 军 编

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书主要介绍了许多简单而又实用的电工基本操作技术与技能,内容包括:电工常用工具与仪表的应用;电子元器件;电工识图;电工焊接操作;电工常用元器件应用与维修;电工基本操作技能;三相异步电动机应用与维修;供电与配电;电工配电线路的安装;电气照明;电工常用线路集锦;电工安全用电。

本书内容丰富,简单实用,通俗易懂,图文并茂,适合建筑电工、物业电工、乡镇企业电工及电工爱好者阅读使用,也可作为农村电工培训教材、进城务工人员上岗培训教材,还可作为电工爱好者的自学读本。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

电工操作/王兰君,黄海平,邢军编. —北京:电子工业出版社,2014.2

(简简单单学)

ISBN 978-7-121-22199-6

I. ①电… II. ①王… ②黄… ③邢… III. ①电工技术-基本知识 IV. ①TM

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第307181号

策划编辑:富 军

责任编辑:侯丽平

印 刷:三河市鑫金马印装有限公司

装 订:三河市鑫金马印装有限公司

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路173信箱 邮编 100036

开 本:787×1 092 1/16 印张:17.5 字数:448千字

印 次:2014年2月第1次印刷

印 数:3 000册 定价:48.00元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zlts@phei.com.cn,盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010) 88258888。

前 言

在经济建设飞速发展的今天,电气技术领域新技术、新设备大量应用。电工技术不断创新,并迅速与自动化技术、计算机技术、通信技术等相互融合,这对从事电气工作人员的专业知识提出了更高的要求。为了能够提高电工人员的专业知识与能力,我们编写了《简简单单学——电工操作》一书。

书中结合电工的实际需要,介绍了许多简单而又实用的电工基本操作技术与技能,内容包括:电工常用工具与仪表的应用;电子元器件;电工识图;电工焊接操作;电工常用元器件应用与维修;电工基本操作技能;三相异步电动机应用与维修;供电与配电;电工配电线路的安装;电气照明;电工常用线路集锦;电工安全用电。

本书在内容上,突出实用性和针对性,便于阅读,使读者尽可能通过阅读本书来独立解决工作中出现的各种问题。

书中配有大量插图,对理论知识做了较好的诠释。形象直观的风格能让读者在轻松的阅读过程中理论联系实际,从而学到更多可以快速实际应用的技术与技能。

参加本书编写的人员还有于荣宁、黄鑫、李燕、王文婷、张杨、刘彦爱、高惠瑾、凌万泉、李渝陵、朱雷雷、凌珍泉、贾贵超、刘守真、张从知、凌玉泉、谭亚林、李霞,在此一并表示感谢。

由于作者水平所限,书中难免出现错误和疏漏,敬请广大读者批评指正。

编 者

目 录

第1章 电工常用工具与仪表的应用	1
1.1 常用工具	1
1.1.1 低压验电笔	1
1.1.2 高压验电笔	2
1.1.3 螺丝刀	3
1.1.4 钢丝钳	4
1.1.5 尖嘴钳	4
1.1.6 管子割刀	5
1.1.7 管子钳	5
1.2 常用量具	5
1.2.1 千分尺	5
1.2.2 游标卡尺	6
1.2.3 量角器	7
1.2.4 塞尺	8
1.2.5 水平仪	8
1.3 常用仪表	8
1.3.1 万用表	8
1.3.2 钳形电流表	12
1.3.3 兆欧表	13
第2章 电子元器件	17
2.1 电阻器	17
2.1.1 电阻器的分类	17
2.1.2 电阻器的技术参数	17
2.1.3 色环电阻器	18
2.1.4 可变电阻器	19
2.1.5 电阻器的表示方法	19
2.1.6 电阻器的检测	20
2.1.7 电阻器的选用与更换	21
2.2 电容器	21
2.2.1 电容器的分类	21
2.2.2 电容器的标称值	22
2.2.3 电容器的主要参数	22

2.2.4	电容器的测量	23
2.2.5	电容器的代换	25
2.3	电感器	26
2.3.1	电感器的外形及电路符号	26
2.3.2	电感器的主要参数	27
2.3.3	电感线圈的检测	27
2.3.4	电感线圈的选用	28
2.4	晶体二极管	29
2.4.1	晶体二极管的外形和符号	29
2.4.2	晶体二极管的主要参数	29
2.4.3	晶体二极管的测量	30
2.5	稳压二极管	30
2.5.1	稳压二极管的外形与图形符号	30
2.5.2	稳压二极管的主要参数	31
2.6	晶体三极管	31
2.6.1	晶体三极管的外形与图形符号	31
2.6.2	晶体三极管的放大原理	31
2.6.3	晶体三极管的参数	33
2.6.4	晶体三极管的管型与电极的判别	34
2.6.5	二极管、三极管的质量鉴别	34
2.7	晶闸管	35
2.7.1	晶闸管的外形与图形符号	35
2.7.2	晶闸管的主要参数	35
2.8	集成电路	36
2.8.1	集成电路的类型与图形符号	36
2.8.2	集成电路的主要参数	37
2.9	电子开关和插接件	38
2.9.1	电子开关外形与符号	38
2.9.2	电子开关的主要参数	38
2.9.3	插接件	38

第3章 电工识图

3.1	电路文字符号与图形符号	40
3.1.1	文字符号	40
3.1.2	图形符号	42
3.2	电路图	46
3.2.1	电路	46
3.2.2	电路图的组成	47
3.2.3	电路的分布规律	49

3.3	电路识图的基本方法	49
3.3.1	识图的基本方法	49
3.3.2	识图的步骤	50
3.4	电力电路识图	50
3.4.1	电力系统	50
3.4.2	变电所主接线图	51
3.4.3	工矿企业变配电一次电路图	53
3.4.4	低压二次接线原理图	53
3.5	电气控制电路识图	55
3.5.1	电气控制电路识图要点	55
3.5.2	电气控制电路识图步骤	55
3.5.3	电气控制电路识图举例	56
3.5.4	电气控制电路的安装接线图	58
第4章	电工焊接操作	59
4.1	电子元器件的安装	59
4.1.1	元器件各电极套管颜色	59
4.1.2	元器件排列	59
4.1.3	元器件的安装	59
4.1.4	功率器件散热器的安装	60
4.1.5	电路板结构布局	60
4.1.6	散热片的安装	62
4.2	元器件的插接技术	62
4.2.1	面包板的结构	62
4.2.2	插接技术	62
4.3	元器件的焊接技术	63
4.3.1	印制电路板焊接工艺	63
4.3.2	焊接工艺	65
4.3.3	手工五步焊接操作法	68
4.3.4	虚焊产生的原因及其鉴别	69
第5章	电工常用元器件应用与维修	70
5.1	低压熔断器	70
5.1.1	几种常用的熔断器	70
5.1.2	熔断器的选用	70
5.1.3	熔断器安装及使用注意事项	71
5.1.4	熔断器的常见故障及检修方法	71
5.2	低压断路器	72
5.2.1	低压断路器的选用	72

5.2.2	低压断路器的安装、使用和维护	72
5.2.3	低压断路器的常见故障及检修方法	73
5.3	交流接触器	74
5.3.1	交流接触器的选用	75
5.3.2	交流接触器的安装、使用和维护	76
5.3.3	接触器的常见故障及检修方法	76
5.4	热继电器	77
5.4.1	热继电器的选用	78
5.4.2	热继电器的安装、使用和维护	78
5.4.3	热继电器的常见故障及检修方法	79
5.5	时间继电器	79
5.5.1	时间继电器的选用	80
5.5.2	时间继电器的安装、使用和维护	80
5.5.3	时间继电器的常见故障及检修方法	80
5.6	胶盖刀开关	81
5.6.1	胶盖刀开关的选用	81
5.6.2	胶盖刀开关安装和使用注意事项	81
5.6.3	胶盖刀开关的常见故障及检修方法	82
5.7	铁壳开关	82
5.7.1	铁壳开关的选用	82
5.7.2	铁壳开关安装及使用注意事项	83
5.7.3	铁壳开关的常见故障及检修方法	83
5.8	组合开关	83
5.8.1	组合开关的选用	84
5.8.2	组合开关安装及使用注意事项	84
5.8.3	组合开关的常见故障及检修方法	84
5.9	按钮开关	84
5.9.1	按钮开关的选用	85
5.9.2	按钮开关的安装和使用	85
5.9.3	按钮开关的常见故障及检修方法	86
5.10	行程开关	86
5.10.1	行程开关的选用	86
5.10.2	行程开关的安装和使用	87
5.10.3	行程开关的常见故障及检修方法	87
5.11	凸轮控制器	87
5.11.1	凸轮控制器的选用	88
5.11.2	凸轮控制器的安装和使用	88
5.11.3	凸轮控制器的常见故障及检修方法	88
5.12	自耦减压启动器	89

5.12.1	自耦减压启动器的选用	89
5.12.2	自耦减压启动器安装和使用注意事项	89
5.12.3	自耦减压启动器的常见故障及检修方法	90
5.13	磁力启动器	90
5.13.1	磁力启动器的选用	91
5.13.2	磁力启动器的安装和使用	91
5.13.3	磁力启动器的常见故障及检修方法	91
5.14	星-三角启动器	92
5.14.1	星-三角启动器的型号	93
5.14.2	星-三角启动器的安装和使用	93
第6章	电工基本操作技能	94
6.1	导线绝缘层的剖削	94
6.1.1	塑料硬线绝缘层的剖削	94
6.1.2	皮线线头绝缘层的剖削	94
6.1.3	花线线头绝缘层的剖削	95
6.1.4	塑料护套线线头绝缘层的剖削	95
6.2	导线的连接	95
6.2.1	单股铜芯导线的直线连接	95
6.2.2	单股铜芯导线的T字分支连接	96
6.2.3	7股铜芯导线的直线连接	96
6.2.4	7股铜芯导线的T字分支连接	97
6.2.5	线头与接线桩的连接	98
6.2.6	导线绝缘层的恢复	98
6.3	手工攻螺纹	99
6.3.1	攻螺纹工具	99
6.3.2	攻螺纹的操作方法	100
6.4	手工套螺纹	101
6.4.1	套螺纹的工具	101
6.4.2	套螺纹的操作方法	102
6.5	安装木棒、胀管和膨胀螺栓	102
6.5.1	木棒的安装	102
6.5.2	胀管的安装	104
6.5.3	膨胀螺栓的安装	104
6.6	手工电弧焊	106
6.6.1	电弧焊工具	106
6.6.2	焊接头的形式	107
6.6.3	焊接方式	108
6.6.4	操作步骤和方法	108



第7章 三相异步电动机应用与维修	111
7.1 三相异步电动机的结构和工作原理	111
7.1.1 三相异步电动机的基本结构	111
7.1.2 三相异步电动机的工作原理	113
7.2 三相异步电动机的铭牌	113
7.2.1 铭牌的一般形式	113
7.2.2 铭牌的含义	114
7.3 三相异步电动机的选择和安装使用	116
7.3.1 电动机的选择	116
7.3.2 电动机的安装	118
7.3.3 电动机的使用	122
7.3.4 电动机定子绕组首、尾端的判别	123
7.4 电动机的接线	124
7.4.1 电动机的星形实际操作接法	124
7.4.2 电动机的三角形实际操作接法	126
7.5 三相异步电动机的维护和检查	127
7.5.1 电动机的维护	127
7.5.2 电动机的拆卸和装配	129
7.5.3 电动机常见故障的检查	134
7.6 三相异步电动机的常见故障及检修方法	137
7.7 直流电动机的使用、维护与故障检修	143
7.7.1 直流电动机的使用与维护	143
7.7.2 直流电动机的常见故障及检修方法	144
第8章 供电与配电	150
8.1 电力系统	150
8.2 高压变电所的主接线	151
8.2.1 电源进线	152
8.2.2 母线	152
8.3 生产车间高压配电	152
8.4 单母线分段放射式供电电路	153
8.5 低压二次接线	154
8.5.1 电压测量回路	154
8.5.2 二次继电保护回路	154
8.5.3 电能计量回路	154
8.6 TN-S 供电方式电路	155
8.7 放射式主接线供电电路	156
8.8 树干式主接线	156

8.9	10kV 配电所应用举例	157
8.9.1	户内 10kV 变配电所布局	157
8.9.2	10kV 独立变配电所布局	158
8.10	电能计量电路	159
8.10.1	单相有功电能表测量接线的要求	159
8.10.2	测量电路	160
8.11	电能表的接线	160
8.11.1	单相有功电能表带电流互感器的接线	160
8.11.2	三相有功电能表直入式接线电路	161
8.11.3	三相四线有功电能表直入式接线电路	161
8.11.4	三相有功电能表带电流互感器的接线电路	161
8.12	双电源供电电路	162
8.13	高压集中补偿电容	163
8.14	低压集中补偿电容	163
8.15	单独就地补偿电容	164
8.16	24 小时自动投切电容器控制	165
8.17	检测功率因数自动投切电容器	166
8.18	高压线路二次回路	166
8.18.1	高压线路二次回路接线图	166
8.18.2	高压线路二次回路的展开式	166
第 9 章	电工配电线路的安装	169
9.1	高压配电线路的安装	169
9.1.1	高压架空线路的安装	169
9.1.2	架空线路的安全要求 (1000V 以下)	170
9.1.3	室外架空线路安装	171
9.2	高压电源引入线的安装	172
9.3	低压配电线路的安装	173
9.3.1	低压电路	173
9.3.2	低压配电的要求	174
9.3.3	低压配电柜的规格型号	174
9.3.4	低压母线穿墙配线安装	175
9.4	电缆配电线路的安装	175
9.4.1	电缆施工要求	175
9.4.2	电缆的敷设方式	177
9.5	架空线路的测试与运行试验	180
9.5.1	巡线检查	180
9.5.2	绝缘电阻的测试	181
9.5.3	升压试验	182

9.5.4	冲击合闸试验	182
9.5.5	试运行	182
第10章 电气照明		183
10.1	照明配电线路	183
10.1.1	六层楼配电系统分配线路	183
10.1.2	一室一厅配电线路	183
10.1.3	两室一厅配电线路	184
10.1.4	四室两厅配电线路	184
10.2	电源插座的安装	184
10.2.1	三孔插座的安装	184
10.2.2	两孔移动式插座的安装	184
10.2.3	插座的常见故障及检修方法	186
10.3	白炽灯的安装与检修	187
10.3.1	白炽灯的基本控制电路	187
10.3.2	白炽灯的安装方法	190
10.3.3	白炽灯的常见故障及检修方法	192
10.4	日光灯的安装与检修	193
10.4.1	日光灯的基本控制电路	193
10.4.2	日光灯的安装方法	194
10.4.3	日光灯的常见故障及检修方法	196
10.5	高压汞灯的安装与检修	198
10.5.1	高压汞灯的安装	198
10.5.2	高压汞灯的常见故障及检修方法	199
10.6	碘钨灯的安装与检修	199
10.6.1	碘钨灯的安装	199
10.6.2	碘钨灯的常见故障及检修方法	200
10.7	其他灯具的安装	201
10.7.1	节能荧光灯	201
10.7.2	高压钠灯	201
10.7.3	氙灯	202
10.7.4	应急照明灯	202
10.7.5	疏散照明灯	203
10.7.6	新型LED灯	203
第11章 电工常用线路集锦		204
11.1	用倒顺开关的正反转控制线路	204
11.2	具有自锁的正转控制线路	204
11.3	具有过载保护的正转控制线路	205

11.4	点动与连续运行控制线路	205
11.5	避免误操作的两地控制线路	206
11.6	三地(多地点)控制线路	206
11.7	电动机间歇运行线路	207
11.8	电动机短时间停电来电后自动快速再启动线路	208
11.9	按钮连锁的正反转控制线路	208
11.10	接触器连锁的正反转控制线路	209
11.11	按钮、接触器复合连锁的正反转控制线路	210
11.12	用按钮点动控制电动机启停线路	210
11.13	具有三重互锁保护的正反转控制线路	211
11.14	接触器连锁的点动和长动正反转控制线路	211
11.15	防止正反转转换期间相间短接的三接触器控制线路	212
11.16	用连锁继电器防止正反转转换相间短接的控制线路	213
11.17	单线远程正反转控制线路	213
11.18	仅用一个按钮控制电动机正反转的线路	213
11.19	直流电动机正反转控制线路	215
11.20	用转换开关预选的正反转启停控制线路	215
11.21	自动往返控制线路	216
11.22	仅用一个行程开关实现自动往返控制线路	216
11.23	带有启动熔丝的启动控制线路	217
11.24	仅用一个按钮控制电动机启停线路	218
11.25	单线远程控制电动机启停线路	219
11.26	能发出启停信号的控制线路	220
11.27	自耦减压启动器线路	221
11.28	QX1型手动控制Y- Δ 形减压启动线路	221
11.29	时间继电器控制Y- Δ 形减压启动线路	222
11.30	接触器控制的手动Y- Δ 形减压启动线路	223
11.31	电流继电器控制的Y- Δ 形自动减压启动线路	223
11.32	能防止Y- Δ 形启动器启动后不能自动切换的线路	224
11.33	时间继电器控制自耦变压器减压启动线路	225
11.34	两接触器控制自耦变压器减压启动线路	225
11.35	电磁抱闸制动控制线路	226
11.36	改进的电磁抱闸制动线路	227
11.37	单向反接制动控制线路	227
11.38	双向运转反接制动控制线路	228
11.39	单向运转半波整流能耗制动线路	229
11.40	单向运转全波整流能耗制动线路	230
11.41	相序判别电路	230
11.42	多点控制走廊定时灯电路	231

11.43	元器件耐压测量电路	231
11.44	音乐验电笔电路	232
11.45	功率型防窃电电路	233
11.46	光电控制防误动电路	234
11.47	接触电阻测量电路	234
11.48	机床维修轴承故障检测电路	235
11.49	接近开关遥控电路	236
11.50	车胎漏气检测仪电路	236
11.51	瓦斯有害气体报警器电路	237
11.52	电工夜间作业闪光警示灯电路	238
11.53	停电应急灯电路	238
11.54	电动机改作发电机电路	239
11.55	导线断路测量仪电路	239
11.56	信号寻迹器电路	240
11.57	防止两地误操作控制电路	241
11.58	流水线堵料监视电路	241
11.59	电动机电子调速电路	242
第 12 章 电工安全用电		244
12.1	安全用电	244
12.2	保护接地与保护接零	245
12.2.1	保护接地	245
12.2.2	保护接零	246
12.2.3	接地或接零的方法	246
12.2.4	注意事项	246
12.3	重复接地与工作接地	247
12.3.1	重复接地	247
12.3.2	工作接地	247
12.4	漏电保护装置	248
12.4.1	电压型漏电保护器电路	248
12.4.2	电流型漏电保护器电路	249
12.4.3	多极漏电保护器电路	249
12.4.4	漏电保护器电路	250
12.4.5	漏电自动保护开关	251
12.4.6	脉冲无声运行总保护器	251
12.5	防雷技术	252
12.5.1	防雷措施	252
12.5.2	防雷平面图	253
12.6	电气消防知识	253

12.6.1	电气火灾发生的原因	253
12.6.2	火灾灭火器介绍	254
12.6.3	扑灭电气火灾的方法	255
12.7	安全用电与触电	255
12.7.1	安全电压与安全电流	255
12.7.2	触电的规律性	255
12.7.3	触电和触电形式	256
12.8	触电急救	257
12.8.1	脱离电源	257
12.8.2	现场救护	258
12.9	电工安全警示牌与警示语	259
12.9.1	安全警示牌	259
12.9.2	安全用电警示标志与警示语	259
12.10	电工安全用具	260
12.10.1	绝缘手套	260
12.10.2	绝缘靴	260
12.10.3	绝缘垫\绝缘台	260
12.10.4	便携式接地线	260
12.10.5	遮栏	261
12.10.6	安全带与脚扣	261
12.10.7	零克杆	261

第1章

电工常用工具与仪表的应用

1.1 常用工具

1.1.1 低压验电笔

低压验电笔是用来检测低压导体和电气设备外壳是否带电的常用工具,检测电压的范围通常为 $60 \sim 500\text{V}$ 。低压验电笔的外形通常有钢笔式和螺丝刀式两种,如图 1-1 所示。



图 1-1 低压验电笔

使用低压验电笔时,必须按图 1-2 所示的方法握笔,以手指触及笔尾的金属体,使氖管小窗背光朝自己。当用验电笔测带电体时,电流经带电体、电笔、人体、大地形成回路,只要带电体与大地之间的电位差超过 60V ,电笔中的氖泡就发光。电压高发光强,电压低发光弱。

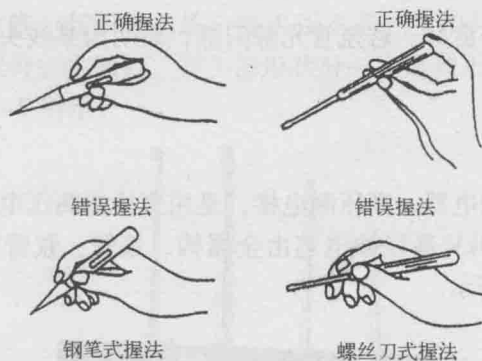


图 1-2 低压验电笔的使用方法

使用低压验电笔应注意以下事项:

- (1) 低压验电笔使用前,应先在确定有电处测试,证明验电笔确实良好后方可使用。
- (2) 验电时,一般用右手握住验电笔,此时人体的任何部位切勿触及周围的金属带电物体。
- (3) 验电笔顶端金属部分不能同时搭在两根导线上,以免造成相间短路。



(4) 对于螺丝刀式低压验电笔，其前端应加护套，只能露出 10mm 左右的一截作测试用。若不加护套，易引起被测试相线之间或相对地之间短路。

(5) 普通低压验电笔的电压测量范围在 60 ~ 500V 之间，切勿用普通验电笔测试超过 500V 的电压。

(6) 如果验电笔需在明亮的光线下或阳光下测试带电体，则应当避光检测，以防光线太强不易观察到氖泡是否发亮，造成误判。

低压验电笔除能测量物体是否带电外，还能帮助人们做一些其他的测量：

(1) 判断感应电。用一般验电笔测量较长的三相线路时，即使三相交流电源缺一相，也很难判断出是哪一根电源缺相（原因是线路较长，并行的线与线之间有线间电容存在，使得缺相的某根导线上产生感应电，致使验电笔氖管发亮）。此时，可在验电笔的氖管上并接一只 1500pF 的小电容（耐压值应大于 250V），这样在测带电线路时，电笔可照常发光；如果测得的是感应电，电笔就不亮或微亮，据此可判断出所测的电源是否为感应电。

(2) 判别交流电源同相或异相。两只手各持一支验电笔，站在绝缘物体上，把两支笔同时触及待测的两条导线，如果两支验电笔的氖管均不太亮，则表明两条导线是同相，若两只验电笔的氖管发出很亮的光，说明两条导线是异相。

(3) 区别交流电与直流电。交流电通过验电笔时，氖管中两极会同时发亮；而直流电通过时，氖管只有一个极发亮。

(4) 判别直流电的正负极。把验电笔跨接在直流电的正、负极之间，氖管发亮的一头是负极，不亮的一头是正极。

(5) 判断物体是否产生静电。手持验电笔在某物体周围寻测，如氖管发亮，证明该物体上已带有静电。

(6) 判断相线碰壳。用验电笔触及电动机、变压器等电气设备外壳，若氖管发亮，说明该设备相线有碰壳现象。

(7) 判断电气接触是否良好。若氖管光源闪烁，表明为某线头松动、接触不良或电压不稳定。

1.1.2 高压验电笔

高压验电笔又称高压测电器、高压测电棒，是用来检查高压电气设备、架空线路和电力电缆等是否带电的工具。10kV 高压验电笔由金属钩、氖管、氖管窗、固定螺钉、护环和握柄等部分组成，如图 1-3 所示。



图 1-3 10kV 高压验电笔

高压验电笔在使用时，应特别注意手握部位不得超过护环，如图 1-4 所示。