

电工
入门

零
基
础

张超 主编
赵树侠 齐炬朋 副主编

维修 电工技能 快速学

快速掌握维修电工基础与技能
全面提升维修电工上岗技能



化学工业出版社

超 主 编
赵树侠 齐炬朋 副主编

维修 电工技能 快速学



化学工业出版社

· 北 京 ·

本书突出维修电工现场技能,紧密结合维修电工日常作业要求,介绍维修电工实际作业必须掌握的基本知识和检修技能。主要包括电工维修基础、电动机与变压器检修、电动机控制线路装接与调试、可编程序控制器 PLC 照明线路与检修、机床电气线路检修、变频器应用与检修及电工安全作业等内容。帮助电工技术人员,特别是初学者快速掌握维修电工基础知识和操作技能。

本书适合水电工初学者及其他水电工从业人员、低压电工、高压电工、维修电工、建筑电工及弱电电工等人员阅读。同时,也可作为大专、中专、中职院校及各种短期培训班和再就业工程培训的教材或教学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

维修电工技能快速学/张超主编. —北京:化学工业出版社, 2017. 3
ISBN 978-7-122-28918-6

I. ①维… II. ①张… III. ①电工-维修 IV. ①TM07

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 013904 号

责任编辑:刘丽宏
责任校对:边 涛

文字编辑:孙凤英
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 刷:北京永鑫印刷有限责任公司
装 订:三河市宇新装订厂
850mm×1168mm 1/32 印张 12¼ 字数 310 千字
2017 年 5 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

随着电子技术的飞跃发展,传统的低压电器已不能再完成工厂复杂设备控制的任务。复杂的控制任务可以由电力电子元件、PLC 编程来实现。因此,作为一名维修电工,必须不断学习,尽快掌握这些新技术的应用。为了帮助读者全面学习维修电工基础知识、基本技能,同时提高电工电子新技术的应用本领,我们编写了本书。

本书主要介绍维修电工实际作业必须掌握的基本知识和检修技能。全书共分 8 章:全面讲解了电工常用仪器、仪表和工具、常用元器件及电子电路大功率元件的检修、电路板维修技巧、电气设备故障检修方法和经验、电动机与变压器检修、电动机控制线路装接与调试、可编程序控制器 PLC、照明线路与检修、机床电气线路检修、变频器应用与检修、电工安全作业等内容。

本书在编写过程中内容注重设计、维修、保养中的难题,是笔者多年经验之作。在电路分析维修章节中,详细介绍了电路工作原理故障维修,这些内容都是广大读者不可多得的珍贵资料。初学者认真研读此书,可以很快成为真正的维修电工高手。本书可供电气工程师及电气维修工人、维修电工、企事业单位维修技术人员、技工等阅读。

本书由张超主编,赵树侠、齐炬朋副主编,参加本书编

写的还有钟际莲、周丰友、戴坤、杨波、索立朝、高俊学、崔加友、李伯、冯健、贲克卫、陈刚、范永刚、高迎冬、郭久新、侯晓宙、李志亮、梁宝建、梁豪、刘书新、孟垂雄、黄阔、祖娇蕊、赵凤江、王伟超、肖海政，全书由张伯虎统稿。

由于水平有限，书中不妥之处，敬请广大读者谅解。

编者

目 录

第1章 电工维修基础

001

1.1 常用仪器、仪表和工具	001
1.1.1 常用仪器、仪表	001
1.1.2 常用工具	015
1.2 常用元器件及电子电路大功率元件的检修	017
1.2.1 晶闸管的检测	018
1.2.2 功率晶体管 (GTR) 模块的检测	019
1.2.3 功率晶体管 (GTR) 驱动信号的检测	020
1.2.4 绝缘栅晶体管 (IGBT)、绝缘栅场效应管 (MOSFET) 的检查	020
1.2.5 绝缘栅晶体管 (IGBT)、绝缘栅场效应管 (MOSFET) 的驱动信号的检测	021
1.2.6 二极管模块	023
1.2.7 智能功率模块 (IPM)	023
1.3 电路应用的元件	024
1.3.1 晶闸管 (SCR)	024
1.3.2 双向晶闸管	030
1.3.3 门极可关断晶闸管	032
1.3.4 电力晶体管 (GTR)	035
1.3.5 电力场效应晶体管	038
1.3.6 绝缘栅双极型晶体管 (IGBT)	039

1.3.7	电力电子器件的选用和保护	041
1.4	重要元器件的检修	043
1.4.1	IGBT 变换器主模块损坏的检修	043
1.4.2	直流伺服电机	045
1.4.3	交流伺服电机	046
1.4.4	步进电机	047
1.5	电路板维修	047
1.5.1	维修技巧之一	047
1.5.2	维修技巧之二	048
1.5.3	维修技巧之三——用万能表检测电路板	050
1.5.4	维修技巧之四——集成电路代换技巧	051
1.5.5	维修技巧之五——维修经验总结	054
1.6	电气设备故障检修方法	056
1.6.1	直观法	056
1.6.2	测量电压法	057
1.6.3	测量电阻法	061
1.6.4	对比法、置换元件法、逐步开路（或接 入）法	063
1.6.5	强迫闭合法	064
1.6.6	短接法	067
1.7	电气设备检修经验	069
1.7.1	区别易坏部位和不易坏部位	069
1.7.2	利用人体感官检查电气故障	071
1.7.3	牢记基本电路及机电联锁的关系	073
1.7.4	造成疑难故障的原因	073

第2章 电动机与变压器检修

075

2.1	直流电动机	075
2.1.1	直流电动机的结构	075
2.1.2	直流电动机的分类及型号	078
2.1.3	直流电动机的铭牌	079
2.1.4	直流电动机的工作原理	080

2.1.5	直流电动机的接线	084
2.1.6	直流电动机常见故障及处理方法	086
2.1.7	直流电动机的启动	089
2.1.8	直流电动机的正、反转	092
2.1.9	直流电动机的制动	093
2.1.10	直流电动机的调速	095
2.2	单相异步电动机	097
2.2.1	单相电动机的五种运行方式	097
2.2.2	单相异步电动机正反转控制电路	101
2.2.3	单相异步电动机调速控制电路	106
2.3	三相异步电动机	110
2.3.1	三相异步电动机的构造	110
2.3.2	三相异步电动机的铭牌	112
2.3.3	三相异步电动机的工作原理	115
2.3.4	三相异步电动机的常见故障及排除方法	119
2.4	伺服电动机	121
2.4.1	交流伺服电动机	121
2.4.2	直流伺服电动机	123
2.4.3	步进电动机	126
2.4.4	常见故障检修方法	128
2.5	变压器	130
2.5.1	变压器的分类和用途	130
2.5.2	单相及三相变压器	131
2.5.3	电焊变压器	132
2.5.4	互感器	133
2.5.5	变压器连接组的含义	134
2.5.6	变压器的并联	134
2.5.7	变压器的维护检修及耐压试验	135

第3章 电动机控制线路装接与调试

138

3.1	三相异步电动机单向启动控制	138
3.1.1	三相异步电动机单向启动控制线路	138

3.1.2	故障分析	139
3.2	三相异步电动机正反转控制	142
3.2.1	接触器联锁的正反转控制	142
3.2.2	按钮联锁的正反转控制	143
3.2.3	接触器、按钮双重联锁的正反转控制	144
3.3	三相异步电动机顺序启动和停止控制	145
3.3.1	两台电动机的顺序启动控制线路	145
3.3.2	两台电动机顺序停止的控制线路	146
3.4	三相异步电动机位置控制	147
3.4.1	限位控制线路	147
3.4.2	自动循环控制线路	147
3.5	三相异步电动机 Y-Δ降压启动控制	148
3.5.1	手动控制 Y- Δ 减压启动	148
3.5.2	自动控制 Y- Δ 减压启动	149
3.6	三相异步电动机制动控制线路	150
3.6.1	能耗制动控制线路	150
3.6.2	反接制动控制线路	154
3.6.3	联锁或互锁线路分析	157
3.6.4	多点控制线路分析	159
3.7	三相异步电动机调速控制	160
3.7.1	双速电动机高低速控制线路分析	160
3.7.2	多速电动机的控制线路分析	161
3.8	三相异步电动机的保护	165
3.8.1	短路保护	165
3.8.2	过载保护	166
3.8.3	过电流保护	166
3.8.4	零电压与欠电压保护	167

第4章 可编程序控制器PLC

170

4.1	PLC 的构成与控制原理	170
4.1.1	PLC 的构成	170
4.1.2	PLC 的原理	174

4.1.3	CPU 的特点和技术规范	179
4.2	西门子 S7-200 系列 PLC 元件	185
4.3	西门子 S7-200 系列 PLC 的基本指令及举例	189
4.3.1	基本指令及示例	189
4.3.2	定时器	197
4.3.3	计数器	200
4.3.4	比较指令	204
4.4	西门子 S7-200 系列 PLC 指令简介及指令表	207
4.4.1	数据处理指令	207
4.4.2	算术运算指令	212
4.4.3	逻辑运算指令	214
4.4.4	数据类型转换指令	218
4.4.5	S7-200 系列 PLC [CPU(V1.21)] 指令 系统速查表	221
4.4.6	CPU224 外围典型接线图	226
4.5	用 PLC 改造继电器控制线路	227
4.5.1	模拟继电器控制系统的编程方法	227
4.5.2	梯形图仿真继电器控制线路	228
4.5.3	Z3050 型摇臂钻床的 PLC 改造	230
4.5.4	T68 型镗床的 PLC 改造	235

第5章 照明线路与检修

242

5.1	电光源	242
5.1.1	日光灯连接电路	242
5.1.2	双盏白炽灯接入三相线电路	242
5.1.3	三盏白炽灯接入三相线电路	243
5.1.4	双联双个开关控制一盏白炽灯电路	243
5.1.5	一个开关分别控制两盏灯	244
5.1.6	多开关三处控制照明灯电路	245
5.1.7	多路控制楼道灯电路	248
5.1.8	延时照明电路	248
5.1.9	日光灯电气线路	249

5.1.10	低温低压启动特性的日光灯电路	249
5.1.11	光控启辉器工作的日光灯电路	251
5.1.12	单调光灯电路图	252
5.1.13	双调光灯电路图	253
5.1.14	水银灯电气线路	254
5.1.15	高压钠灯电路	254
5.1.16	碘钨灯电路	255
5.1.17	紫外线杀菌灯电路	255
5.1.18	节能灯	255
5.1.19	荧光灯镇流器电路图	257
5.1.20	光控节能灯电路	258
5.2	车间照明	259
5.2.1	车间照明设计的一般要求	259
5.2.2	工业照明光源选择	260
5.3	动力路线	263
5.3.1	主要技术原则	263
5.3.2	照明负荷等级划分	263
5.4	照明电路的配线、安装与维修	265
5.4.1	配线	265
5.4.2	照明灯具的安装	283
5.4.3	照明电路故障的检修	294

第6章 机床电气线路检修

296

6.1	万能铣床电气线路的分析检修	296
6.1.1	主电路	296
6.1.2	控制电路	298
6.1.3	X62W 型万能铣床电气元件明细表	300
6.1.4	X62W 型万能铣床电气线路的检修	302
6.1.5	故障处理措施	307
6.2	摇臂钻床线路检修	307
6.2.1	识图要点	307
6.2.2	电气控制线路分析	308

6.2.3	Z3040 型摇臂钻床的电气元件明细表	311
6.3	卧式镗床线路检修	312
6.3.1	T68 型卧式镗床工作原理	312
6.3.2	T68 型卧式镗床电气元件明细表	316
6.3.3	T68 型卧式镗床故障分析	317

第7章 变频器应用与检修

320

7.1	变频器应用技术	320
7.1.1	变频器的组成与参数设置	320
7.1.2	三种控制方式的变频器特性对照	324
7.2	变频器的检修技术	324
7.2.1	简介	324
7.2.2	电路分析	325

第8章 电工安全作业

336

8.1	触电及防范	336
8.2	接地与接零	338
8.2.1	接地	338
8.2.2	接地种类	341
8.2.3	电气设备接地故障分析	342
8.2.4	接地方式的应用	346
8.2.5	保护接零的应用	348
8.2.6	重复接地的应用	350
8.2.7	接地电阻值的要求	352
8.2.8	接地装置的安装	353
8.2.9	保护接零的三种形式	361
8.3	检修安全措施	364
8.3.1	电气火灾与爆炸的原因	364
8.3.2	危险物质和危险环境	366
8.3.3	防爆电气设备和防爆电气线路	367
8.3.4	电气防火防爆技术	370

8.3.5	防雷装置·····	372
8.3.6	防雷措施·····	376
8.3.7	静电的防护·····	379

参考文献

380

第1章

电工维修基础

1.1 常用仪器、仪表和工具

1.1.1 常用仪器、仪表

(1) 机械式万用表的结构及使用 普通机械式万用表由表头(磁电式)、挡位转换开关、机械调零钮、调零电位器、表笔、插座等构成。按旋转开关的不同形式可将机械式万用表分为两类:一类为单旋转开关型,如 MF9 型、MF10 型、MF47 型、MF50 型等;另一类为双旋转开关型,常用的为 MF500 型。下面以常用的 MF47 型万用表为例介绍其使用方法。

MF47 型万用表的外形如图 1-1 所示。

① 电路部分:万用表由 5 部分电路组成,由电路原理图可知它们分别是表头或表头电路,用于指示测量结果;分压电路,用于测量交、直流电压;分流电路,用于测量直流电流;电池、调零电位器等,用于测量电阻;测量选择电

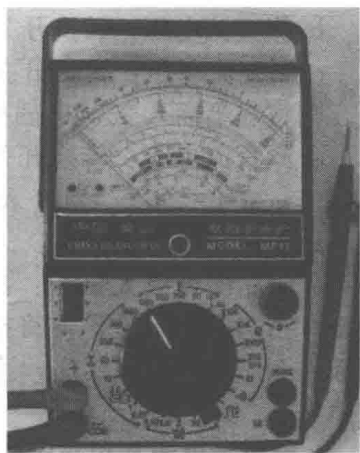


图 1-1 MF47 型万用表的外形

路,用于选择挡位量程。

② 表头:采用磁电式微安表作为表头,内部由上下游丝及磁铁等组成。当微小的电流通过表头时,会产生电磁感应,线圈在磁场的作用下转动,并带动指针偏转。指针偏转角度的大小取决于通过表头电流的大小。由于表头线圈的线径比较细,所以允许通过的电流很小,实际应用中为了满足较大量程的需要,在万用表内部设有分流及降压电路来完成对各种物理量的测量。

③ 表盘:如图 1-1 所示,第 1 条刻度线为电阻挡的读数,它的右端为“0”,左端为“ ∞ ”(无穷大),且刻度线是不均匀的,读数时应该从右向左读,即表针越靠近左端电阻值越大。第 2、3 条线是交流电压、直流电压及各直流电流的读数,左端为“0”,右端为最大读数。根据量程转换开关的不同,即使表针摆到同一位置,其所指示的电压、电流的数值也不相同。第 4 条线是交流电压的读数,是为了提高小电压读数的精度而设置的。第 5 条线是测量晶体管放大倍数(hFE)的。第 6、7 条线分别是测量负载电流和负载电压的读数线。第 8 条线为音频电平(dB)的读数线。

MF47 型万用表设有反光镜片,可减小视觉误差,如图 1-1 所示。

④ 转换开关的读数

- 测量电阻:转换开关拨至 $R \times 1 \sim R \times 10k$ 挡位。
- 测交流电压:转换开关拨至 $10 \sim 1000V$ 挡位。
- 测直流电压:转换开关拨至 $0.25 \sim 1000V$ 挡位。若测高电压,则将表笔插入 $2500V$ 插孔即可。
- 测直流电流:转换开关拨至 $0.25 \sim 247mA$ 挡位。若测量大的电流,应把“正”(红)表笔插入“ $+5A$ ”孔内,此时负(黑)表笔还应插在原来的位置。
- 测晶体管放大倍数:挡位开关先拨至 ADJ 调整调零按钮,使指针指向右边零位,再将挡位开并拨至 hFE 挡,将半导体三极管插入 NPN 或 PNP 插座,读第 5 条线的数值,即为晶体管放大倍数。
- 测负载电流和负载电压:使用电阻挡的任何一个挡位均可。
- 测音频电平 dB:应该使用交流电压挡。

⑤ 万用表的使用

a. 使用万用表之前，应先注意表针是否指在“ ∞ ”（无穷大）的位置，如果表针不正对此位置，应用螺钉旋具调整机械调零钮，使表针正好处在无穷大的位置。注意：此调零钮只能调半圈，否则有可能会损坏，以致无法调整。

b. 在测量前，应首先明确测试的物理量，并将转换开关拨至相应的挡位上，同时还要考虑好表笔的接法；然后再进行测试，避免因误操作而造成万用表的损坏。

c. 一般测量，将红表笔（正）插入“+”孔内，黑表笔（负）插入“-”插孔内，如需测大电流、高电压，可以将红表笔分别插入5A或2500V插孔。

d. 测电阻：在使用电阻各不同量程之前，都应先将红、黑表笔对接，调整调零电位器，让表针正好指在零位，然后再进行测量，否则测得的阻值误差太大。

注意：每换一次挡，都要进行一次调零，再将表笔接在被测物的两端，就可以测量电阻值了。

电阻值的读法：将开关所指的数与表盘上的读数相乘，就是被测电阻的阻值。例如：用 $R \times 100$ 挡测量一个电阻，指针指在“10”的位置，那么这个电阻的阻值是 $10 \times 100\Omega = 1000\Omega = 1k\Omega$ ；如果表针指在“1”的位置，其电阻值为 100Ω ；若指在“100”的位置，则电阻值为 $10k\Omega$ ，以此类推。

e. 测电压：测量电压时，应将万用表调到电压挡，并将两表笔并联在电路两端。测量交流电压时，表笔可以不分正负极；测量直流电压时红表笔接电源的正极，黑表笔接电源的负极，如果接反，指针会向相反的方向摆动。如果测量前不能估计出被测电路电压的大小，应用较大的量程去试测，如果表针摆动很小，再将转换开关拨到较小的量程；如果表针迅速摆到零位，应该马上把表笔从电路中移开，加大量程后再去测量。

注意：测量电压时，应一边观察表针的摆动情况，一边试着用表笔进行测量，以防电压太高把表针打弯或把万用表烧毁。

f. 测直流电流：将表笔串联在电路中进行测量（将电路断开），红表笔接电路的正极，黑表笔接电路的负极。测量时应该先用高档

位,如果表针摆动很小,再换低挡位。如需测量大电流,应该用扩展挡。注意:万用表的电流挡是最容易被烧毁的,在测量时千万注意。

g. 晶体管放大倍数 (h_{FE}) 的测量: 先把转换开关转到 ADJ 挡 (无 ADJ 挡位则可用 $R \times 1k$ 挡) 调好零位, 再把转换开关转到 h_{FE} 进行测量。将晶体管的 b、c、e 3 个极分别插入万用表上的 b、c、e 3 个插孔内, PNP 型晶体管插入 PNP 位置, 读第 5 条刻度线上的数值; NPN 型晶体管插入 NPN 位置, 读第 5 条刻度线上的数值。

h. 穿透电流的测量: 按照“晶体管放大倍数 (h_{FE}) 的测量”的方法将晶体管插入对应的孔内, 但晶体管的“b”极不插入, 这时表针将有一个很小的摆动, 根据表针摆动的大小来估测“穿透电流”的大小。表针摆动幅度越大, 穿透电流越大, 否则就小。

⑥ 万用表使用注意事项

a. 不能在红、黑表笔对接时或测量时旋转转换开关, 以免旋转到 h_{FE} 挡位时, 表针迅速摆动, 将表针打弯, 并且有可能烧坏万用表。

b. 在测量电压、电流时, 应该选用大量程的挡位先测量一下, 然后再选择合适的量程进行测量。

c. 不能在通电的状态下测量电阻, 否则会烧坏万用表。测量电阻时, 应断开电阻的一端进行测试, 这样准确度高, 测完后再焊好。

d. 每次使用完万用表, 都应该将转换开关调到交流最高挡位, 以防止由于第 2 次使用不注意或外行人乱动烧坏万用表。

e. 在每次测量之前, 应该先看转换开关的挡位。严禁不看挡位就进行测量, 这样有可能损坏万用表, 这是一个从初学时就应养成的良好习惯。

f. 万用表不能受到剧烈振动, 否则会使万用表的灵敏度下降。

g. 使用万用表时应远离磁场, 以免影响表的性能。

h. 万用表长期不用时, 应该把表内的电池取出, 以免腐蚀表内的元器件。

⑦ 机械式万用表常见故障 以 MF47 型万用表为例。