

技能培训快学速用系列

维修电工

从业技能深入精通

阎伟 主编
李国伟 张红午 张帅 副主编



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

技能培训快学速用系列

维修电工从业技能深入精通

阎 伟 主编

李国伟 张红午 张 帅 副主编

人 民 邮 电 出 版 社

北 京

图书在版编目 (C I P) 数据

维修电工从业技能深入精通 / 阎伟主编. — 北京 : 人民邮电出版社, 2013.4

(技能培训快学速用系列)

ISBN 978-7-115-30214-4

I. ①维… II. ①阎… III. ①电工—维修—基本知识
IV. ①TM07

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第287129号

技能培训快学速用系列

维修电工从业技能深入精通

◆ 主 编 阎 伟

副 主 编 李国伟 张红午 张 帅

责任编辑 王朝辉

◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街14号

邮编 100061 电子邮件 315@ptpress.com.cn

网址 <http://www.ptpress.com.cn>

北京隆昌伟业印刷有限公司印刷

◆ 开本: 850×1168 1/32

印张: 10.5

字数: 284千字

2013年4月第1版

印数: 1—4000册

2013年4月北京第1次印刷

ISBN 978-7-115-30214-4

定价: 28.00元

读者服务热线: (010)67132692 印装质量热线: (010)67129223

反盗版热线: (010)67171154

广告经营许可证: 京崇工商广字第0021号

内容提要

本书注重电工维修技术领域最新知识、最新技术的应用，阐述简练，独具特色。书中配有大量的实物图解和图表，系统地介绍了维修电工技术的基本知识和操作工艺。

本书的主要内容包括电气测量装置和自动检测元件、电子技术和电力电子技术、机械设备电气控制线路的分析与检修、特种电动机的应用、可编程序控制器技术及应用、直流调速技术、交流调速技术及应用。

前言

本书是按照国家人力资源和社会保障部制定（2009年修订）的《国家职业技能标准——维修电工》的标准要求，立足于实践型技术培训的特点，以“加强基础知识、突出实践技术、培养动手能力”为指导思想，注重培养维修电工技术应用性原则为出发点来编写的。

本套丛书从电工基本常识讲起，由浅入深、通俗易懂，以帮助广大有志青年快速学习维修电工知识和技术，为深入掌握维修电工技术提供有效的方法和提高分析、解决问题的能力。

本书编写中注重学与用相结合，具有实用性和可操作性，同时注入了作者多年从事电工、维修电工培训和鉴定工作的实践经验，详细介绍了初级、中级、高级维修电工必须掌握的知识与技术工艺。简明扼要、直观易懂、图文并茂是本书的编写特点。

编者在编写本书时参阅了相关书籍、技术资料、专业文章等文献，在此向原作者致以衷心的感谢。如有不敬之处，恳请见谅。

由于编者水平有限，书中难免存在错误和不妥之处，敬请广大读者给予批评指正。

编 者

目录

第

1

章

电气测量装置和自动检测元件

1.1 电气测量装置	1
1.1.1 万用电桥	1
1.1.2 数字示波器	7
1.1.3 电子测量装置的防干扰技术	15
1.2 传感器的应用	19
1.2.1 传感器的组成和工作原理	19
1.2.2 传感器的分类	20
1.2.3 温度传感器	21
1.2.4 速度传感器	26

第

2

章

电子技术和电力电子技术

2.1 模拟电子技术	30
2.1.1 集成运算放大电路	30
2.1.2 线性集成稳压电源	36
2.1.3 开关稳压电源	40
2.2 数字电子技术	46
2.2.1 集成门电路	46
2.2.2 组合逻辑电路	54
2.2.3 时序逻辑电路	62
2.3 电力电子器件	69
2.3.1 功率晶体管 (GTR)	69
2.3.2 门极可关断晶闸管 (GTO)	72
2.3.3 功率场效应晶体管 (MOSFET)	74



2.3.4 电力电子新技术的应用	75
2.4 晶闸管整流电路	78
2.4.1 三相半波可控整流电路	78
2.4.2 三相桥式整流电路	83
2.5 逆变电路	87
2.5.1 有源逆变电路	88
2.5.2 无源逆变电路	91
2.5.3 中高频电源	101

第

3

章

机械设备电气控制线路的分析与检修

3.1 机床的分类及电气故障检修技巧	104
3.1.1 通用机床的分类	104
3.1.2 数控机床的分类	105
3.1.3 通用机床的型号	106
3.1.4 机床电气故障的检修技巧	107
3.2 Z3050 型摇臂钻床电气控制线路的分析与检修	109
3.2.1 Z3050 型摇臂钻床的结构和运动形式	110
3.2.2 Z3050 型摇臂钻床的拖动方式与控制要求	111
3.2.3 Z3050 型摇臂钻床的电气控制线路分析	111
3.2.4 Z3050 型摇臂钻床常见电气故障的分析与检修	118
3.3 X6132 型万能铣床电气控制线路的分析与检修	121
3.3.1 X6132 型万能铣床的结构和运动形式	121
3.3.2 X6132 型万能铣床电气控制线路分析	122
3.3.3 X6132 型万能铣床常见电气故障的分析与检修	128
3.4 T68 型镗床电气控制线路的分析与检修	130
3.4.1 T68 型卧式镗床电气控制线路分析	132
3.4.2 T68 型卧式镗床常见电气故障的分析与检修	135
3.5 15/3t 桥式起重机电气控制线路的分析与检修	136
3.5.1 15/3t 交流桥式起重机的结构和运动形式	137
3.5.2 15/3t 桥式起重机的电气控制线路分析	137

3.5.3 15/3t 桥式起重机常见电气故障的分析与检修	143
-------------------------------------	-----

第

4

章

特种电动机的应用

4.1 特种电动机的分类	147
4.1.1 特种电动机的类型	147
4.1.2 对控制用特种电动机的基本要求	148
4.2 伺服电动机	149
4.2.1 交流伺服电动机	150
4.2.2 直流伺服电动机	154
4.2.3 伺服电动机应用实例	158
4.3 步进电动机	160
4.3.1 步进电动机的工作原理	160
4.3.2 步进电动机的结构	163
4.3.3 步进电动机的驱动电源	166
4.3.4 步进电动机应用实例	171
4.4 力矩电动机	172
4.4.1 力矩电动机的工作原理	173
4.4.2 力矩电动机的结构	174
4.4.3 力矩电动机应用实例	174

第

5

章

可编程序控制器技术及应用

5.1 可编程序控制器概述	177
5.1.1 PLC 控制系统与继电器控制系统的区别	178
5.1.2 可编程序控制器定义	180
5.1.3 可编程序控制器的应用	180
5.1.4 可编程序控制器的分类	181
5.2 西门子可编程序控制器	185



5.2.1	S7-200PLC 的组成	186
5.2.2	S7-200 CPU 的操作模式	187
5.2.3	PLC 程序的执行过程	187
5.2.4	PLC 数据的类型	189
5.2.5	PLC 内部软元件	191
5.3	S7-200 系列 PLC 基本顺序指令及应用实例	193
5.3.1	位逻辑指令	193
5.3.2	堆栈指令	201
5.3.3	置位、复位、跳变和空操作指令	203
5.3.4	定时器	203
5.3.5	计数器	210
5.4	S7-200 系列 PLC 基本功能指令及应用实例	213
5.4.1	比较指令	213
5.4.2	整数运算指令	214
5.4.3	逻辑运算指令	219
5.4.4	数据传送指令	220
5.4.5	移位与循环移位指令	221
5.4.6	交换和填充指令	223
5.4.7	表操作指令	224
5.4.8	数据转换指令	225
5.4.9	特殊指令	227
5.5	可编程控制系统设计的基本原则和步骤	230
5.5.1	PLC 控制系统设计的基本原则	230
5.5.2	PLC 控制系统设计与调试的一般步骤	231

6.1	概述	239
6.1.1	直流电动机的三种调速方式	240
6.1.2	调压调速用可控直流电源	241
6.1.3	直流调速系统的类别	244
6.2	自动控制系统的基本原理	245

6.2.1 开环控制系统和闭环控制系统	246
6.2.2 自动控制系统的组成	246
6.2.3 自动控制系统的性能要求	247
6.2.4 调速系统的性能指标及分析	250
6.3 转速负反馈直流调速系统	254
6.3.1 转速负反馈单闭环直流调速系统	254
6.3.2 转速负反馈单闭环无静差直流调速系统	261
6.3.3 带电流截止负反馈的单闭环直流调速系统	266
6.4 转速-电流双闭环直流调速系统	270
6.4.1 转速-电流双闭环直流调速系统的组成	270
6.4.2 转速-电流双闭环直流调速系统的启动过程分析	272
6.4.3 转速-电流双闭环直流调速系统的工作原理及自动调节过程	274
6.4.4 电动机堵转过程	276
6.4.5 双闭环调速系统的特点	277
6.5 脉宽调制调速技术	278
6.5.1 脉宽调制调速系统的组成	278
6.5.2 不可逆 PWM	281
6.5.3 桥式可逆 PWM	283
6.5.4 电能回馈与泵升电压的限制	285

第

7

章

交流调速技术及应用

7.1 交流调压调速系统	287
7.1.1 异步电动机调压调速原理	287
7.1.2 异步电动机调压调速方法	288
7.2 串级调速系统	295
7.2.1 串级调速的基本原理	295
7.2.2 晶闸管异步电动机串级调速系统的控制方法	296
7.3 变频调速技术	298
7.3.1 变频调速的基本控制方式	298
7.3.2 变频器的分类	300



7.4 西门子变频器 MM420	302
7.4.1 MM420 概述	302
7.4.2 MM420 调试方法	304
7.4.3 MM420 变频器常用参数表	308
7.4.4 MM420 操作实例	312
参考文献	326

第1章 电气测量装置和自动检测元件

1.1 电气测量装置

1.1.1 万用电桥

万用电桥是一种便携式多用电桥，能够迅速地对电容、电感、电阻元件进行测量，内附晶体管振荡器和选频放大器，能直接对测量结果进行读数，平衡迅速，使用方便，特别适用于工矿企业和修理部门作为一般测试设备。

1. 万用电桥的结构和工作原理

万用电桥是由电桥主体、晶体管振荡器、调制器、选频放大器和指示仪表构成。电桥主体由测量电阻用的单臂电桥、测量电容用的维恩电桥和测量电感用的麦克斯韦电桥组成。

(1) 测量电阻电路

测量电阻时，电桥主体接成单臂电桥，如图 1-1 所示，G 为指示器。由电桥平衡条件可知，当电桥平衡时，则有

$$R_x R_3 = R_2 R_4$$

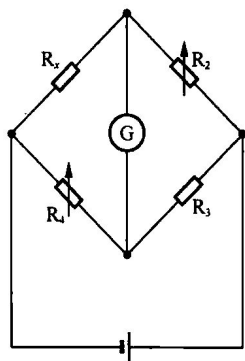


图 1-1 测量电阻的原理电桥



$$R_x = \frac{R_2 R_4}{R_3} \quad (1-1)$$

(2) 测量电容电路

测量电容时，电桥主体接成维恩电桥，如图 1-2 所示，当电桥平衡时，则有

$$C_x = R_3 C_4 / R_2 \quad (1-2)$$

$$R_x = R_2 R_4 / R_3 \quad (1-3)$$

$$D_x = \omega C_4 R_4 \quad (1-4)$$

式中， D_x 为损耗因数， ω 为角频率。

(3) 测量电感电路

测量电感时，电桥主体接成麦克斯韦电桥，如图 1-3 所示，当电桥平衡时，则有

$$L_x = R_2 R_4 C_3 \quad (1-5)$$

$$R_x = R_2 R_4 / R_3 \quad (1-6)$$

$$Q_x = \omega C_3 R_3 \quad (1-7)$$

式中， Q_x 为品质因数。

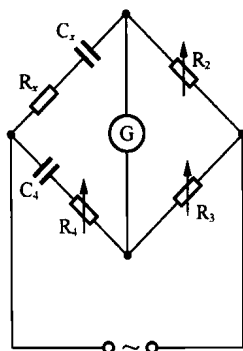


图 1-2 测量电容的原理电桥

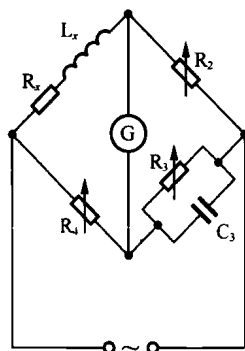


图 1-3 测量电感的原理电桥

2. QS18A 型万用电桥操作面板与使用

(1) QS18A 型万用电桥的技术性能

QS18A 型万用电桥可以在温度 $0 \sim 40^\circ\text{C}$ 、相对湿度 $30\% \sim 80\%$ 的

环境下使用。当其工作在 $10\sim 30^{\circ}\text{C}$ 情况下应不超过表 1-1 的规定。

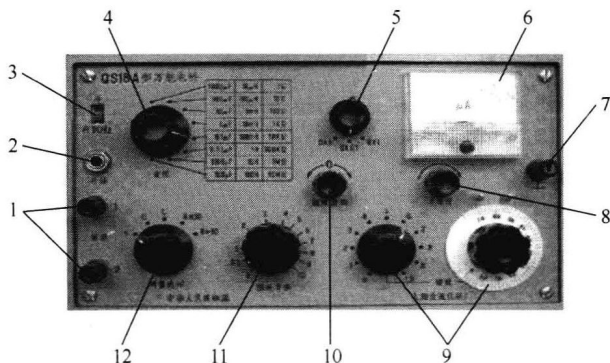
▼ 表 1-1 QS18A 型万用电桥正常工作规定

被测量	测量范围	基本误差 (按量程最大值计算)	损耗范围	使用电源
电阻	$10\text{m}\Omega\sim 1.1\Omega$ $1\Omega\sim 1.1\text{M}\Omega$ $1\sim 11\text{M}\Omega$	$5\%\pm 0.05\text{m}\Omega$ $1\%\pm \Delta$ $5\%\pm \Delta$		$10\text{m}\Omega\sim 10\Omega$ 用内部 1kHz 电源, 大于 10Ω 时用内部 9V 直流电源
电容	$1.0\sim 110\text{pF}$ $100\text{pF}\sim 110\mu\text{F}$ $100\mu\text{F}\sim 1100\mu\text{F}$	$2\%\pm 0.5\text{pF}$ $1\%\pm \Delta$ $2\%\pm \Delta$	D 值 $0\sim 0.01$ $0\sim 10$ $0\sim 10$	内部 1kHz 电源
电感	$1.0\sim 11\mu\text{H}$ $10\sim 110\mu\text{H}$ $100\mu\text{H}\sim 1.1\text{H}$ $1\sim 11\text{H}$ $10\sim 110\text{H}$	$5\%\pm 0.5\mu\text{H}$ $2\%\pm \Delta$ $1\%\pm \Delta$ $2\%\pm \Delta$ $5\%\pm \Delta$	Q 值 $0\sim 10$	内部 1kHz 电源

注: 表中 Δ 为滑线盘最小分格的 $1/2$ 。 Q 值小于 1 的电感基本误差不予考虑。

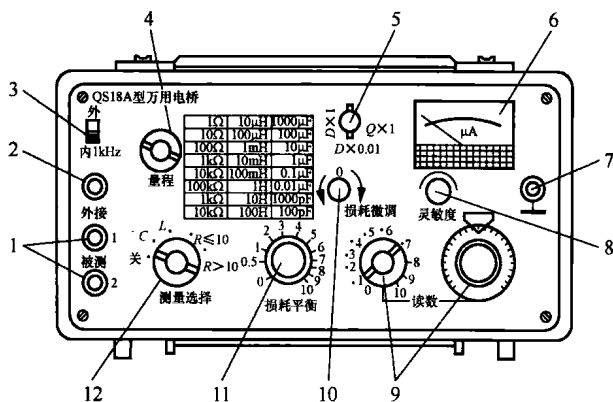
(2) QS18A 型万用电桥的操作面板

在使用前要熟悉面板上的各元件和控制旋钮的作用, QS18A 型万用电桥面板如图 1-4 所示。



(a) 实物图

图 1-4 QS18A 型万用电桥面板



(b) 示意图

图 1-4 QS18A 型万用电桥面板 (续)

① 被测端钮：此端钮用来连接所需测量的元件，在连接被测元件到端钮时，最好直接接在此端钮上，如无法实现，可通过测量导线连接（在测量较小量值的元件时，须扣除导线的电阻）。被测端钮“1”表示高电位，“2”表示低电位，在实际应用中若需要考虑高低电位时（如电解电容），可按此标记连接，通常情况不需要标记。

② 外接插孔：当测量有极性的电容和铁芯电感时，如需要外部叠加直流偏置时，可通过此插孔连接于桥体。当使用外部的音频振荡信号时，可通过此插孔施加到桥体上（此时应把拨动开关拨向“外”的位置）。

③ 拨动开关：当使用机内 1kHz 振荡信号时，应将开关向下拨向“内 1kHz”位置；若使用外部振荡信号，应把开关向上拨向“外”的位置，此时机内 1kHz 振荡信号停止工作。

④ 量程旋钮：此旋钮是选择测量范围用，上面各挡的标示值是指电桥读数在满度时的最大值。

⑤ 损耗倍率开关：此开关是用来扩展损耗平衡的读数范围。在一般情况下测量空心电感线圈时，此开关放在“ $Q \times 1$ ”位置；测量一般电容器（小损耗）时应放在“ $D \times 0.01$ ”位置，测量损耗值较大的电容器时应放在“ $D \times 1$ ”位置。测量电阻时，可放在任何位置。

⑥ 指示仪表：用以指示电桥的平衡状态。在电桥平衡过程中，操作有关的旋钮，观察指示电表指针的动向，当指针指向“0”时，即达到电桥平衡位置。

⑦ 接壳端钮：此端钮与本电桥的机壳相连，用来减少干扰。

⑧ 灵敏度调节旋钮：用来控制电桥放大器的放大倍数，在初始调节电桥平衡时，要降低灵敏度使电表指示小于满额度，在使用时应逐步增大灵敏度，进行电桥平衡调节。

⑨ 读数旋钮：调节两个读数盘可使电桥平衡。第一位读数盘的步级是 0.1，也就是量程旋钮指示值的 $1/10$ ，第二位、第三位读数是连续可变电位器指示。

⑩ 损耗微调旋钮：用于微调平衡时的损耗值，一般情况下，放在“0”的位置。

⑪ 损耗平衡旋钮：用来指示被测元件的损耗读数，此读数盘上的指示值再乘以损耗倍率开关的指示值，即为损耗值。

⑫ 测量选择开关：本电桥对电容、电感、电阻元件均能测量，由此开关转换电桥线路。若测量电容时应放在“C”处，测量电感时应放在“L”处，测量 10Ω 以内的电阻应放在“ $R \leq 10$ ”处，测量 10Ω 以上的电阻应放在“ $R > 10$ ”处。测量完毕后切记把此开关放在“关”的位置，以免缩短机内电池寿命。

(3) QS18A 型万用电桥的使用

① 电容的测量步骤。

a. 估计被测电容的大小，然后旋动量程旋钮放在合适的量程上。
b. 旋动测量选择开关放在“C”的位置，损耗倍率开关放在“ $D \times 0.01$ ”（一般电容器）或“ $D \times 1$ ”（大电解电容器）的位置上。然后将被测电容接在接线柱上，损耗平衡旋钮放在“1”左右的位置，损耗微调旋钮按逆时针旋到底。

c. 将灵敏度调节逐步增大，使电表指针偏转略小于满刻度即可。

d. 首先调节电桥的读数盘，然后调节损耗平衡旋钮，并观察指示表的动向，使指示表指零，然后再将灵敏度增大到使指针偏转小于满刻度，反复调节电桥读数盘和损耗平衡旋钮，直至灵敏度开到足够



满足分辨出测量精度的要求，指示表仍指零或接近于零，此时电桥便达到最后平衡。

e. 电桥平衡时，被测量的 C_x 和 D_x 为

被测量 C_x = 量程开关指示值 $\times$ 读数盘指示值

被测量 D_x = 损耗倍率指示值 $\times$ 损耗平衡旋钮指示值

② 电感的测量步骤。

a. 估计被测电感的大小，然后旋动量程旋钮放在合适的量程上。

b. 旋动测量选择开关放在“ L ”的位置。在测量空芯线圈时，损耗倍率开关放在“ $Q \times 1$ ”位置；在测量高 Q 值滤波线圈时，损耗倍率开关放在“ $D \times 0.01$ ”位置；在测量铁芯电感线圈时，损耗倍率开关放在“ $D \times 1$ ”位置。

c. 将被测电感接在接线柱上，并将损耗平衡旋钮放在“1”位置上，然后把灵敏度调节增大，使指示表指针的偏转略小于满刻度。

d. 反复调节读数盘和损耗平衡旋钮，使指示表指针往“0”的方向偏转。再将灵敏度调节到足够大的位置，调节读数盘和损耗平衡旋钮，使指针指“0”或接近于零的位置时电桥达到最后平衡。

e. 电桥平衡时，被测量的 L_x 和 Q_x 为

被测量 L_x = 量程开关指示值 $\times$ 读数盘指示值

被测量 Q_x = 损耗倍率开关指示值 $\times$ 损耗平衡旋钮指示值

③ 电阻的测量步骤。

a. 估计被测电阻的大小，然后旋动量程旋钮放在合适的量程上。

b. 旋动测量选择开关，如果放在“ $R \leq 10$ ”处时，量程旋钮应该相应放在“ 1Ω ”或“ 10Ω ”位置。当测量选择开关放在“ $R > 10$ ”处时，量程开关相应放在 $100\Omega \sim 10M\Omega$ 位置。

c. 将被测电阻接在接线柱上。调节灵敏度调节旋钮，使电表指针偏转略小于满刻度。

d. 调节读数盘的第一位步进开关和第二位滑线盘，使指示表指针往“0”的方向偏转。再将灵敏度调节到足够大的位置，调节滑线盘，使电桥达到最后的平衡。

e. 电桥平衡时，被测量的 R_x 为