

维修电工技能

直通车



刘祖明 编著



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



维修电工技能直通车

刘祖明 编著



机械工业出版社

本书根据维修电工的实际工作需要,介绍了维修电工的基本内容,讲解了维修电工实际工作中应该掌握的一些技能、技巧,以解决实际工作中的技术问题。本书主要内容包括电工基础知识、电工工具、电工仪表及电工材料、电气制图和识图、照明灯具和配电装置、电力拖动、电气安全知识等。本书内容翔实、知识面广、注重实际应用、图文并茂,并有大量的实际操作知识和维修技巧。

本书可作为广大电气安装与维修工作人员的技术用书,也可作为电气技术人员的参考用书,同时也可作为军地两用人才,下岗、转岗、再就业人员上岗取证的短期培训用书,还可作为相关职业读者的自学读物。

图书在版编目(CIP)数据

维修电工技能直通车/刘祖明编著. —北京:机械工业出版社, 2014.3

ISBN 978-7-111-45531-8

I. ①维… II. ①刘… III. ①电工-维修 IV. ①TM07

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第014180号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:张俊红 责任编辑:张俊红 版式设计:常天培

责任校对:张薇 封面设计:马精明 责任印制:乔宇

唐山丰电印务有限公司印刷

2014年4月第1版第1次印刷

148mm×210mm·5.875印张·173千字

0001—3000册

标准书号:ISBN 978-7-111-45531-8

定价:19.80元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010) 88361066

教材网:<http://www.empedu.com>

销售一部:(010) 68326294

机工官网:<http://www.empbook.com>

销售二部:(010) 88379649

机工官博:<http://weibo.com/emp1952>

读者购书热线:(010) 88379203

封面无防伪标均为盗版

前 言

为了适应经济发展对技能型人才的需要，国家正在大力推行职业资格证书制度，鼓励广大技术工人通过各种形式的学习和培训来提高自身的知识水平和操作能力，不断提高自身的创新意识、创业能力和就业能力，从而增强综合竞争力。同时职业院校的学生为适应市场需求，也在积极报考各种职业技能证书。把传统控制技术技能和现代控制技术技能相结合，以传统控制技术技能为基础，以现代控制技术技能为方向，以职业技能的培养和训练为核心，培养高技能应用型人才，体现全面发展的综合素质和能力的提高。

维修电工承担着电气设备维护和检修的任务。电气设备或附属装置在运行过程中发生故障，会直接影响生产的正常进行，所以要求维修电工快速、准确地查出故障，并进行处理或修复。本书主要内容包括电工基础知识、电工工具、电工仪表及电工材料、电气制图和识图、照明灯具和配电装置、电力拖动、电气安全知识等。

本书内容结合维修电工应知的理论基础、应学会使用的工具仪表知识，解决工作实际问题的步骤方法、安全作业等。本书注重维修电工新知识、新技术、新设备和新材料等方面的应用，阐述简练，内容图文并茂，独具特色，同时配有大量的实物图，既有利于培训讲解，也有利于自学。

全书由刘祖明编写，参与资料收集及部分编写工作的还有钟柳青、刘国柱、邱寿华、刘文沁、祝建孙、张安若、王华、刘艳明、钟勇、刘艳生。在此，对以上人员致以诚挚的谢意。

本书在写作过程中参考了不少书籍，同时也引用了一些互联网上的资料，在此对参考书籍或资料的原作者表示衷心的感谢。在写作过程中，在资料收集和技术交流方面也得到了国内外专业学者和同行的支持，在此也向他们表示衷心的感谢。

本书内容由浅入深，循序渐进，可为初学维修电工技能的人员、

职业院校或培训学校相关专业学生尽快掌握维修电工技能提供有益帮助。

维修电工涉及面广，实用性强，但囿于编著时间仓促，以及作者水平有限，书中难免存在不足之处，敬请广大读者批评指正。同时感谢读者选择了本书，希望我们的努力能对您的工作和学习有所帮助，也希望广大读者不吝赐教。

编 者

目 录

前言

第 1 章 电工基础知识	1
★1.1 直流电路基础知识	1
1.1.1 电路的组成	1
1.1.2 电路中的基本物理量	2
1.1.3 电阻的等效变换	6
1.1.4 电功与电功率	7
★1.2 正弦交流电路	8
1.2.1 正弦量的三要素法	8
1.2.2 正弦量的相量表示法	11
1.2.3 功率因数的提高	12
★1.3 三相交流电路	14
1.3.1 三相交流电源的产生	14
1.3.2 三相正弦交流供电线路	15
1.3.3 三相电路的功率	18
★1.4 电动机	19
1.4.1 直流电动机	19
1.4.2 单相异步电动机	22
1.4.3 三相异步电动机	25
1.4.4 特种电机	30
第 2 章 电工工具、电工仪表及电工材料	33
★2.1 电工工具	33
2.1.1 验电笔（试电笔）	33
2.1.2 钢丝钳	34
2.1.3 尖嘴钳	35
2.1.4 斜口钳	36
2.1.5 螺钉旋具	36

2.1.6	电工刀	37
2.1.7	扳手	38
2.1.8	剥线钳	39
2.1.9	压线钳、压力钳和液压钳	40
2.1.10	管子钳	41
2.1.11	管螺纹铰板	42
2.1.12	钢卷尺	43
2.1.13	手锤	43
2.1.14	手电钻、冲击钻和电锤	43
2.1.15	管子割刀 (PVC 管)	45
★2.2	电工仪表	46
2.2.1	电流表	46
2.2.2	电压表	47
2.2.3	功率表和电能表	48
2.2.4	万用表	49
2.2.5	钳形电流表	50
2.2.6	绝缘电阻表	51
2.2.7	接地电阻测量仪	52
★2.3	电工材料	53
2.3.1	常用导电材料	53
2.3.2	电热材料	53
2.3.3	电阻合金	54
2.3.4	熔丝和熔断器	54
2.3.5	常用绝缘胶带	55
★2.4	安装材料	56
2.4.1	PVC 管	56
2.4.2	线槽	58
2.4.3	黄腊管 (聚乙烯玻纤管)	58
★2.5	导线	59
2.5.1	导线的种类	59
2.5.2	绝缘导线绝缘层的剥离	63
2.5.3	导线的连接	64

★3.1 电气制图基本知识	68
3.1.1 电气图的基本组成	68
3.1.2 电气图的结构	72
3.1.3 电气符号的组成	75
3.1.4 电气图的图线规则和表示方法	80
★3.2 电工识图	84
第4章 照明灯具和配电装置	89
★4.1 常用电光源和灯具	89
4.1.1 白炽灯	91
4.1.2 卤素灯	92
4.1.3 荧光灯	93
4.1.4 LED 照明灯具	94
4.1.5 灯头和灯座种类简介	99
★4.2 住宅照明的设计	101
★4.3 照明配电装置	105
4.3.1 断路器	105
4.3.2 开关	105
4.3.3 插座	108
4.3.4 插头	109
4.3.5 配电盘和配电箱	111
4.3.6 电能表和刀开关	114
★4.4 照明灯具安装	115
4.4.1 室内常用灯具的安装	115
4.4.2 LED 照明灯具的安装	122
第5章 电力拖动	131
★5.1 电力拖动知识	131
★5.2 电力拖动装置	133
5.2.1 刀开关	133
5.2.2 接线端子	136
5.2.3 主令电器	137
5.2.4 接触器	138

5.2.5	继电器	139
5.2.6	时间继电器	140
5.2.7	热继电器	141
5.2.8	过电流、欠电流继电器	143
5.2.9	速度继电器	145
5.2.10	行程开关	146
5.2.11	凸轮控制器	147
★5.3	电力拖动基本控制线路	147
★5.4	电气故障	153
第6章	电气安全知识	159
★6.1	安全用电基础知识	159
★6.2	触电急救	161
6.2.1	触电的种类及触电电流对人体的影响	161
6.2.2	触电紧急救护	164
★6.3	接地与接零	169
6.3.1	保护接地与保护接零	169
6.3.2	接地的使用范围	171
6.3.3	接地装置的安装	174
参考文献		179

第1章 电工基础知识

1.1 直流电路基础知识★★★

★1.1.1 电路的组成

在日常的生产和生活中，会接触到各种不同的电路。手电筒是人们日常生产和生活中不可或缺的照明工具，其工作原理就是一个非常简单的直流供电电路。手电筒的结构如图 1-1 所示。

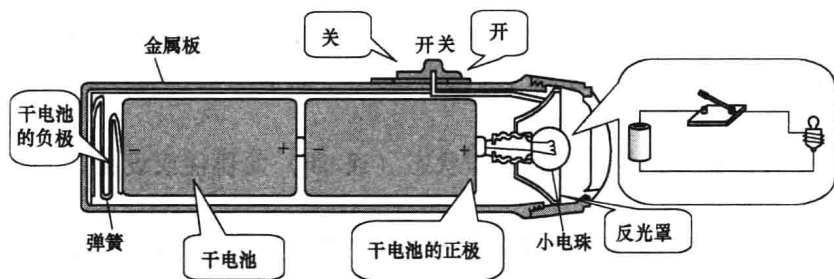


图 1-1 手电筒的结构

注意：

目前的手电筒主要为 LED 手电筒，采用充电电池供电。

从图 1-1 中可知，电路是指由金属导线和电气以及电子部件组成的导电回路。电路由电源、负载、连接导线、控制器件（开关）和保护装置四部分组成。下面对电路的组成部分进行简单的介绍。

注意：

电路，又叫电气回路（Electrical circuit），包括电力电路和电子电路，是指由电气设备和元器件（用电器），按一定方式连接起来，为电荷流通提供了路径的总体。

电路又简称为网络或回路，如用电阻、电容、电感、二极管、晶体管 and 开关等元器件构成的网络。

电源是提供电能的设备，是把非电能转变为电能。负载是电路中消耗电能的设备，它把电能转变为其他形式的能量，是光能、热能、机械能等。控制电器是负载的控制设备。例如，开关、断路器、电磁开关、减压启动等都属于控制电器。辅助设备包括各种继电器、熔断器以及测量仪表等。

1. 电源（供能元件）

电源主要是为电路提供能量（电能）的设备和器件，如干电池、发电机、光伏系统或设备等。

2. 负载（耗能元件）

负载是指使用或消耗电能的设备和器件，如白炽灯泡、LED 或 LED 灯具、发热丝、发热盘及发热器件等。

3. 连接导线（导线）

导线将电器设备或元器件按一定方式连接起来，常用的导线有各种铜、铝电线或电缆线等。

4. 控制器件（开关）

控制器件是控制电路工作状态（通/断）的器件或设备，如开关、接触器等。

在这里所说的电源为直流电源，简称直流电。直流电是指其流动方向是一定的（单方向的），其大小和方向不随时间变化的电流。直流电源包括直流电流和直流电压。在生产和生活中采用电池供电的电器或电路，都是采用直流供电方式。直流电通过的电路称为“直流电路”。

电流流过的回路称为导电回路，又叫电路。电路导通叫作通路。只要电路中有通路存在，电路就有电流通过。电路某一处断开称为断路或开路。如果将电路中电源正负极直接接通，称为短路，这种情况在电路中是决不允许的。

电路图是人们为了研究和工程的需要，用国家标准化的符号绘制的一种表示各元器件组成的图形。电路图主要由元件符号、连线、结点、注释四大部分组成。常用的电路元件的外形及符号见表 1-1。












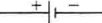





★1.1.2 电路中的基本物理量

1. 基本物理量

电流是带电微粒的定向运动，通常以正电荷运动的方向作为电流

方向。直流电流是指电流的大小和方向不随时间变化。交流电流是指电流的大小和方向随时间做周期性变化。电路中存在三种基本物理量，分别为电阻、电流、电压。电路基本原理图如图 1-2 所示。

表 1-1 常用的电路元件的外形及符号

序号	名称	外形	符号
1	电阻器		
2	电容器 (电解电容)		
3	电感器		
4	变压器		
5	开关		
6	干电池		
7	电流表 (直流)		
8	电压表 (直流)		
9	导线的连接		

(续)







序号	名称	外形	符号
10	电动机 (直流)		
11	滑动变阻器 (可变电阻)		
12	灯泡或 白炽灯		



图 1-2 电路基本原理图

(1) 电阻

导体对电流的阻碍作用称为电阻。用字母 R 表示。电阻的单位是欧 (Ω)、千欧 ($k\Omega$)、兆欧 ($M\Omega$), $1k\Omega = 1000\Omega$, $1M\Omega = 1000000\Omega$ 。导体的电阻率是单位长度、单位截面积导线的电阻,是表明材料导电性能的参数。其符号是 ρ , 单位是 $\Omega \cdot m$ 。导体的电阻是由导体的材料、横截面积和长度决定的。

导体的电阻计算公式为

$$R = \rho L/S$$

式中 L ——导体的长度;

S ——导体的截面积;

ρ ——材料的电阻率,可以查表得知。

(2) 电压

电荷之所以能够流动,是因为存在电位差。有电位差也就有电

压。电压是形成电流的原因，分为直流和交流两种。在电路中，电压用字母 U 表示。电压的单位是伏 (V)、毫伏 (mV)、微伏 (μV)。 $1\text{V} = 1000\text{mV}$ ， $1\text{mV} = 1000\mu\text{V}$ 。

(3) 电流

在电路中，电流用字母 I 表示。电流分直流和交流两种。电流的单位是安 (A)、毫安 (mA)、微安 (μA)。 $1\text{A} = 1000\text{mA}$ ， $1\text{mA} = 1000\mu\text{A}$ 。

流过电路里电阻的电流，与加在电阻两端的电压成正比，与电阻的阻值成反比，称为欧姆定律。

$$I = \frac{U}{R}$$

只要知道电压、电流、电阻三个量中的两个，根据欧姆定律就可以求出第三个量，即

$$I = \frac{U}{R}; R = \frac{U}{I}; U = IR$$

注意：

从欧姆定律可知，如果电路中电压保持不变，电阻越小，电流越大；而电阻越大，电流越小。当电阻趋近于零时，电流很大，将此时的电路工作状态称为短路；当电阻趋近于无穷大时，电流几乎为零，将此时的电路工作状态称为开路。

2. 电压和电流的基本特性

(1) 电压的特性

并联支路中其各支路的电压是相同的，大小是一样的。串联支路的负载（电阻）按电阻大小分摊，其负载（电阻）的阻值越大，电压也越大。通过电阻后其电压会下降（电压降），串联支路的电压等于串联电路中各支路的电压之和。

(2) 电流的特性

串联支路通过负载（电阻）后，其电流的大小不变。并联支路的电流值按负载（电阻阻值）的大小反比进行分流，并联支路合并，其电流等于各并联电路的电流之和。

注意：

串联电路和并联电路是简单的常用电路，同时常用的还有混联电路。

★1.1.3 电阻的等效变换（等效电路）**1. 电阻的串联**

电阻的串联示意图如图 1-3 所示。

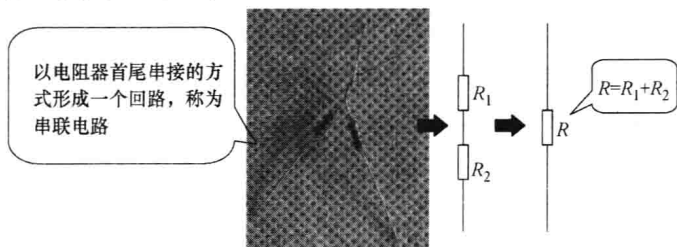


图 1-3 电阻的串联示意图

电阻的串联电路有如下特点：

- 1) 电阻的总电阻等于各个电阻器的阻值之和。
- 2) 在串联电路中，流过每个电阻的电流都相同，即 $I_1 = I_2$ 。
- 3) 串联电路电阻两端的总电压等于各个电阻的端电压之和。

注意：

串联电路是将几个电路或其他电路元件的首端、尾端顺次连接起来，使电路只存在一条电流通路。在串联电路中，电路的总电压等于各元件上的电压降之和，即各元件上的电压、电阻、电流存在的关系为 $U = U_1 + U_2$ 、 $R = R_1 + R_2$ 、 $U_1/U_2 = R_1/R_2$ 。

2. 电阻的并联

电阻的并联示意图如图 1-4 所示。

注意：

并联电路是将电阻或其他电路元件的首端与首端及尾端与尾端连接起来，使电路同时存在几条电流通路。在并联电路中，各元件两端的电压的大小是相同的。并联电路中的总电流等于各支路的电流之和，即各电路元件上的电压、电阻、电流存在的关系为 $I = I_1 + I_2$ 、 $R = R_1 R_2 / (R_1 + R_2)$ 、 $I_1/I_2 = R_2/R_1$ 。

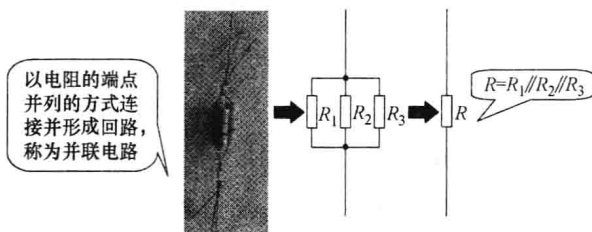


图 1-4 电阻的并联示意图

电阻的并联电路有如下特点:

- 1) 电阻器总电阻值倒数等于各个电阻阻值的倒数之和。
- 2) 在并联电路中, 每个电阻器两端的电压都相同, 即 $U_1 = U_2$ 。
- 3) 并联电路中的总电流等于流经每个电阻器的电流之和。

注意:

当有 N 个阻值同为 R , 电阻器串联的电阻阻值为 RN , 电阻器并联的电阻阻值为 R/N 。在实际应用电路中既有电阻器的串联, 又有电阻器的并联, 这样的电路称为混联电路。混联电路可以对电路进行等效变形, 利用电阻器的串/并联电路的规律进行计算。

★1.1.4 电功与电功率

1. 电功

电功是指在一定的时间内电路元件或设备吸收或发出的电能量, 即电流所做的功。用符号 W 表示, 单位为焦耳 (J)。1 度电 = 1 千瓦时 ($\text{kW} \cdot \text{h}$) = 3.6×10^6 焦 (J)。电功计算公式为

$$W = Uq = UIt$$

式中 U ——加在导体两端的电压, 单位是伏特 (V);

I ——流过导体中的电流, 单位是安培 (A);

t ——通电时间, 单位是秒 (s)。

注意:

上面的电功计算公式表明, 电流在电路上所做的功, 与工作电路两端的电压、电流及通电时间成正比。

如果是纯电阻电路，在欧姆定律成立的条件下，电功计算公式为

$$W = \frac{U}{R}t = I^2 R t$$

2. 电功率

电流在单位时间内所做的功叫做电功率。电功率用来表示电气设备做功的能力，即电气设备单位时间内所做的功，是描述电流做功快慢的物理量。用符号 P 表示，单位为 W （瓦）、 kW （千瓦）， $1kW = 1000W$ 。

电功率的计算公式为

$$P = \frac{W}{t}$$

式中 W ——电流所做的功（电功），单位是焦；

t ——完成所做的功的时间，单位是秒。

注意：

电功率与电压和电流的乘积成正比。在直流电路中，电功率的计算公式为 $P = UI = I^2 R = U^2 / R$ 。

1.2 正弦交流电路 ★★★

★1.2.1 正弦量的三要素法

在实际应用或工程中所用到的电流、电压，在一般情况下，其大小和方向都随时间的变化而变化的，称为交流电。交流电的大小随时都在变，所以将某一时刻的电量称为交流电的瞬时值。

电路中电动势的大小与方向均随时间按正弦规律变化，则产生的电流、电压大小和方向按正弦规律变化，将这种的电路称为正弦交流电路。

注意：

交流电量一般用小写字母来表示，如用 u 表示交流电压，用 i 表示交流电流。

在实际工作中，以时间为横轴，交流电流或交流电压为纵轴，由此画出交流量瞬时值随时间变化的图形，称为交流电波形图。正弦交