

WEIXIUDIANGONG CAOZUO
JISHU YAOLING TUJIE
QINGGONG CAOZUO JISHU YAOLING TUJIE XILIE

维修电工



丛书主编 周佩锋 王功山
本书主编 马茂军

操作技术要领图解

青工操作技术要领图解系列



山东科学技术出版社

www.lkj.com.cn

青工操作技术要领图解系列

 维修电工

操作技术要领图解

WEIXIUDIANGONG CAOZUO

JISHU YAOLING TUJIE

QINGGONG CAOZUO JISHU YAOLING TUJIE XILIE

丛书主编 周佩锋 王功山

本书主编 马茂军

图书在版编目 (CIP) 数据

维修电工操作技术要领图解/马茂军等主编. —济南:
山东科学技术出版社, 2007. 4
(青工操作技术要领图解系列)
ISBN 978 - 7 - 5331 - 4658 - 0

I. 维... II. 马... III. 电工—维修——图解 IV.
TM07 - 64

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 029246 号

青工操作技术要领图解系列 维修电工操作技术要领图解

丛书主编 周佩锋 王功山
本书主编 马茂军

出版者: 山东科学技术出版社

地址: 济南市玉函路 16 号
邮编: 250002 电话: (0531) 82098088
网址: www. lkj. com. cn
电子邮件: sdkj@sdpress. com. cn

发行者: 山东科学技术出版社

地址: 济南市玉函路 16 号
邮编: 250002 电话: (0531) 82098071

印刷者: 山东鲁创彩印有限责任公司

地址: 莱芜市方下工业园
邮编: 271125 电话: (0634) 6613222

开本: 850mm × 1168mm 1/32

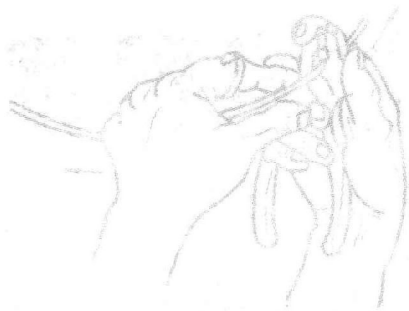
印张: 9

版次: 2007 年 3 月第 1 版第 1 次印刷

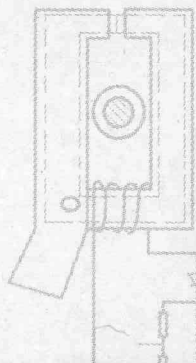
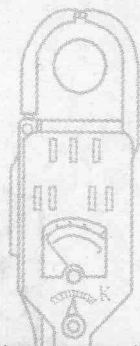
ISBN 978 - 7 - 5331 - 4658 - 0

定价: 15.00 元

内 容 提 要



——本书以图解的形式简明扼要地介绍了维修电工应掌握的基本知识和操作技能，共分为十一章，内容包括电路的基础知识、常用电工仪表及使用、常用电工工具及电工材料、电工基本操作技能、简单电子技术常识、电机与变压器、低压电器及拆装、电动机的基本控制线路、常用机床控制线路简介及故障排除、电气安全技术和可编程序控制器（PLC）。本书图文并茂，直观明了，在同类书籍中独具特色，可作为维修电工培训教材，也可作为维修电工自学用书。



随着工业技术的发展和改革开放的不断深入,我国城乡建设急需大量的技能人才,职业技能培训是提高劳动者素质、增强劳动者就业能力的有效措施。为满足广大青年学习技术、掌握操作技能的要求,以及社会力量办学单位和农村举办短期职业培训班的需求,特别是满足下岗职工转岗和农民工进城务工的需求,我们组织编写了这套浅显易懂、图文并茂的培训教材。

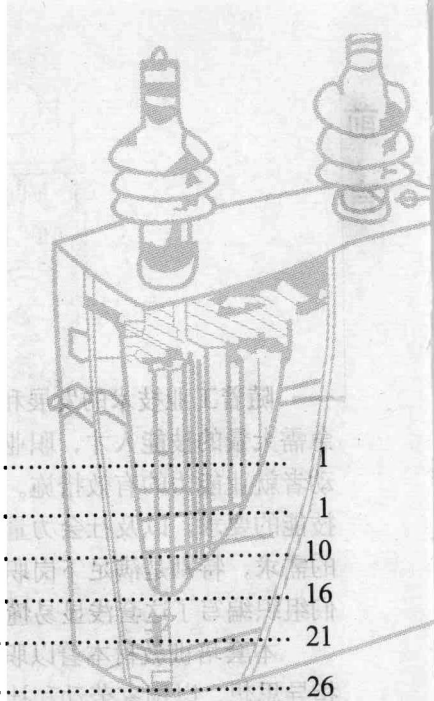
本套培训教材本着以职业活动为导向,以职业技能为中心的指导思想,以国家劳动和社会保障部颁布的职业资格鉴定标准中的初级(国家资格5级)内容为主,涉及少量的中级(国家资格4级)内容,以实用、够用为原则,突出技能操作,以图解的形式,配以简明的文字说明具体的操作过程与操作工艺,有很强的针对性和实用性,克服了传统培训教材中理论内容偏深、偏多、抽象的弊端,增添了“四新”知识,突出了理论与实践的结合。让学员既学到真本事,又可应对技能鉴定考试,体现了科学性和实用性。

本套培训教材介绍的内容是从业者应掌握的基本知识和基本操作技能,书中提供的典型实例都是成熟的操作工艺,便于学习者模仿和借鉴,减少了学习的弯路,使其能更方便、更好地运用到实际生产中,是学习者从业和就业的良师益友。

本套培训教材在编写过程中,参考了国内外有关著作和研究成果,邀请了部分技术高超、技艺精湛的高技能人才进行示范操作,在此谨向有关参考资料的作者、参与示范操作的人员以及帮助出版的有关人员、单位表示最诚挚的谢意。

由于编写过程中博采众长,反复斟酌,几易其稿终得以成书,虽然我们对编写工作尽了最大努力,但不足之处在所难免,敬请读者多提宝贵意见。

第一章 电路的基础知识	1
第一节 直流电路	1
第二节 电与磁	10
第三节 正弦交流电路	16
第四节 三相交流电路	21
第二章 常用电工仪表及使用	26
第一节 基本知识	26
第二节 电流表、电压表的使用	28
第三节 万用表	31
第四节 钳形电流表	35
第五节 兆欧表	37
第三章 常用电工工具及电工材料	40
第一节 常用电工工具及使用	40
第二节 常用电工材料	47
第四章 电工基本操作技能	53
第一节 导线连接及绝缘恢复	53
第二节 室内布线	61
第三节 常见照明线路及安装	74
第四节 照明线路的故障及排查	85
第五节 电度表的安装	89
第五章 简单电子技术常识	94
第一节 焊接的基本操作工艺	94



第二节	常用电子元器件的识别及简易测试·····	99
第三节	单相整流及滤波电路·····	108
第四节	晶闸管调光电路的安装调试·····	109
第六章	电机与变压器·····	115
第一节	三相异步电动机·····	115
第二节	单相异步电动机·····	147
第三节	直流电机及其它电机简介·····	150
第四节	变压器·····	154
第七章	低压电器及拆装·····	164
第一节	低压电器的产品分类及型号定义·····	164
第二节	低压开关·····	167
第三节	主令电器·····	173
第四节	熔断器·····	177
第五节	接触器·····	181
第六节	继电器·····	188
第七节	常用低压电器的检修、调试与校验·····	194
第八章	电动机的基本控制线路·····	198
第一节	读图的基本知识·····	199
第二节	三相笼型异步电动机的启动控制线路·····	202
第三节	电动机的正反转控制线路·····	211
第四节	电动机的位置控制线路·····	215
第五节	电动机的顺序控制线路与多地控制线路·····	217
第六节	电动机的制动控制线路·····	221
第七节	三相绕线型异步电动机的启动与调速控制·····	228
第八节	故障检查的一般方法·····	232
第九节	配电板的安装与接线·····	235
第九章	常用机床控制线路简介及故障排除·····	249
第一节	工厂常用机床电气控制装置的检修·····	249

第二节	CA6140型车床电气控制线路与检修·····	250
第三节	Z35 型钻床电气控制与检修·····	257
第十章	电气安全技术·····	264
第一节	接地技术简介·····	264
第二节	触电危害与救护·····	267
第三节	安全用电基础知识·····	271
第十一章	可编程序控制器 (PLC) ·····	274

第一章 电路的基础知识

【学习要求】

1. 通过学习直流电路掌握电路的基本物理量及常用的定律,能熟练对直流电路进行分析和计算。
2. 通过对电和磁之间关系的学习了解磁的基本概念及磁场对电流的作用,熟练应用楞次定律和法拉第电磁感应定律,分析电磁现象。
3. 了解交流电的基本概念,掌握纯电阻、纯电感、纯电容电路的特点。掌握三相交流电路电源和负载的星三角接法特点,并了解各自电压、电流、功率之间的关系。

第一节 直流电路

一、电路的基本物理量

1. 电流

电流是由电荷的定向移动而形成的。电流的大小是用单位时间内通过某一导体横截面的电量来表示,常用符号 I 或 i 表示。

即:

$$I = \frac{Q}{t}$$

I : 通过导体的电流,单位为安培(A)

Q : 通过导体某一横截面的电量,单位为库伦(C)

t : 通过电量 Q 所用的时间,单位为秒(s)

在国际单位之中,电流的单位是安培,简称安,用符号 A 表示,有时也用毫安(mA)微安(μ A)做单位。他们之间的换算关系如下:

1 安(A) = 10^3 毫安(mA)

1 毫安(mA) = 10^3 微安(μ A)

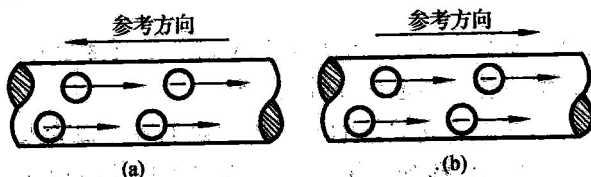


图 1-1 电流的方向

电流方向规定:在导体中正电荷的流动方向为电流的方向。在导体中,由于电流实际上是自由电子定向移动形成的,因此电流方向与电子流向相反。如图 1-1(a)所示的实际电流方向与参考方向相同,电流为正;反之,如图(b)所示的电流为负。

2. 电压

电压又称电位差,是衡量电场力做功本领大小的物理量。如图 1-2 所示:

在电路中若电场力将电荷 Q 从 a 点移到 b 点,所做的功为 W_{ab} ,则 W_{ab} 与电量 Q

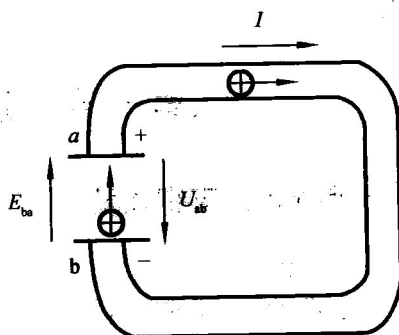


图 1-2 电压的方向

的比值就是 a 、 b 两点间的电压,用符号 U_{ab} 表示。其数学式为:

$$U_{ab} = \frac{W_{ab}}{Q}$$

若电场力将 1 库仑的电荷从 a 点移到 b 点,所做的功为 1 焦耳,则 ab 间的电压值就是 1 伏特,简称 1 伏,用字母 V 表示。除伏特之外,常用的单位还有千伏(kV)、毫伏(mV)和微伏(μV)。

$$1 \text{ 千伏(kV)} = 10^3 \text{ 伏(V)}$$

$$1 \text{ 毫伏(mV)} = 10^{-3} \text{ 伏(V)}$$

$$1 \text{ 微伏}(\mu V) = 10^{-3} \text{ 毫伏(mV)} = 10^{-6} \text{ 伏(V)}$$

电压与电流一样,不但有大小,而且有方向。对于负载来说,规定电流流进端为电压的正端,电流流出端为电压的负端,方向由正指向负。

3. 电动势

电动势是衡量电源将非电能转换为电能本领的物理量。即:在电源内部,外力将单位正电荷从电源的负极移到正极所做的功,以字母 E 表示。若外力将电荷 Q 从负极移到正极所做的功为 W ,则电动势的数学式为:

$$E = \frac{W}{Q}$$

电动势的单位与电压相同,也是伏特(V)。方向在电源内部由负极指向正极。

4. 电阻

电流在导体内流动时会受到阻力,导体对电流的阻碍作用叫电阻,用字母 R 或 r 表示。单位是欧姆,简称欧,符号用 Ω 表示。

除欧姆外,电阻常用的单位有千欧(k Ω)和兆欧(M Ω)。

$$1 \text{ 千欧(k}\Omega\text{)} = 10^3 \text{ 欧}(\Omega)$$

$$1 \text{ 兆欧(M}\Omega\text{)} = 10^3 \text{ 千欧(k}\Omega\text{)} = 10^6 \text{ 欧}(\Omega)$$

如果导体两端的电压为 1V,通过的电流为 1A,则该导体的电阻就是 1 Ω 。

由于导体的电阻是客观存在的,它不随导体两端的电压变化而变化。导体两端的电阻可用下式表示:

$$R = \frac{\rho l}{S}$$

ρ ——电阻率或电阻系数。其大小等于长度等于 1m,截面积等于 1m² 的导体在一定温度下的电阻值,单位是(Ωm)。

l ——导体的长度(m)

S ——导体的横截面积(m²)

表 1-1 常用材料在 20℃ 时的电阻率

材料名称	银	铜	铝	钨	铁	橡胶
电阻率(Ωm)	1.6×10^{-8}	1.7×10^{-8}	2.9×10^{-8}	5.3×10^{-8}	1.0×10^{-7}	10^{18}

从表中可以看出,银的导电性能最好,但价格昂贵,目前多用铜和铝来做电线、电缆的线芯。

二、常用电路的定律

1. 部分电路欧姆定律

如图 1-3 所示:流过导体的电流与这段导体两端的电压成正比,与这段导体的电阻成反比。其数学式为

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

式中: I ——导体的电流(A)

U ——导体两端的电压(V)

R ——导体的电阻(Ω)

该定律揭示了部分电路流过的电流与导体两端的电压及电阻之间的关系。

2. 全电路欧姆定律

全电路是指含有电源的闭合回路,如图 1-4 所示。虚线框中

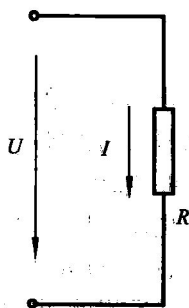


图 1-3 部分电路

的 E 代表电源电动势, r 代表电源内阻。通常把电源内部的电路称作内电路, 电源外部的电路称作外电路。

其内容为: 整个电路中的电流强度与电源的电动势成正比, 与内、外电路电阻之和成反比。其表达式为

$$I = \frac{E}{R + r} \quad \text{或} \quad E = IR + Ir = U_{\text{外}} + U_{\text{内}}$$

3. 基尔霍夫定律

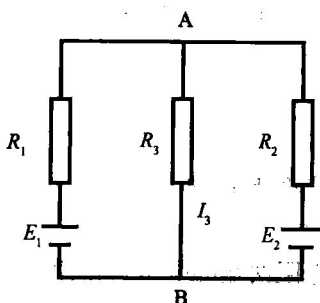


图 1-5 复杂电路

① 基尔霍夫第一定律 (节点电流定律)

流进一个节点的电流之和恒等于流出这个节点的电流之和。其数学式为

$$\sum I_{\text{入}} = \sum I_{\text{出}} \quad \text{或} \quad \sum I = 0$$

② 基尔霍夫第二定律 (回路电压定律)

在任一回路中, 电动势的代数和恒等于各电阻上电压降的代数和。其数学式

$$\sum E = \sum IR$$

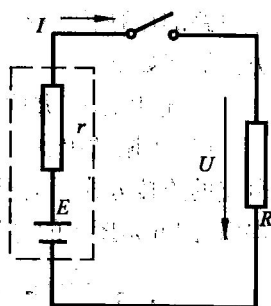


图 1-4 全电路

如图 1-5 所示: 支路是由 R_1 和 E_1 等两个或两个以上的元件构成的无分支电路, 也可能是有如 R_3 一个元件构成一条支路。三条或三条以上支路的汇交点叫做节点, 如图 1-5 中的 A、B 两点。电路中任一闭合路径都叫做回路, 图 1-5 中的 $A-R_1-E_1-B-R_3-A$ 和 $A-R_2-E_2-B-E_1-R_1-A$ 都是回路。

三、电路的计算

简单电路的计算可根据电阻的串、并联知识分析, 对于一些复

杂电路的计算必须依靠基尔霍夫定律。下面就电路计算的要求及方法简述如下。

1. 电阻的串、并联

(1) 电阻的串联 两个或两个以上的电阻依次相连,中间无分支的连接方式叫电阻的串联。如图 1-6 所示就是两个电阻的串联,图 b 是图 a 的等效图。

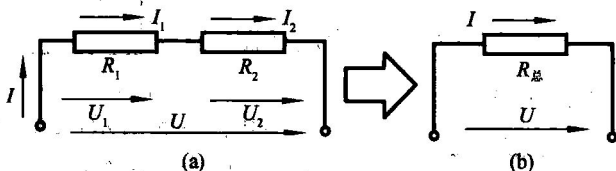


图 1-6 串联电路的性质

串联电路的性质:

①串联电路中流过每个电阻的电流都相等,即

$$I = I_1 = I_2 = \dots = I_n$$

②串联电路两端的总电压等于各电阻两端的电压之和,即

$$U = U_1 + U_2 + \dots + U_n$$

③串联电路的等效电阻等于各串联电阻之和,即

$$R_{\text{总}} = R_1 + R_2 + \dots + R_n$$

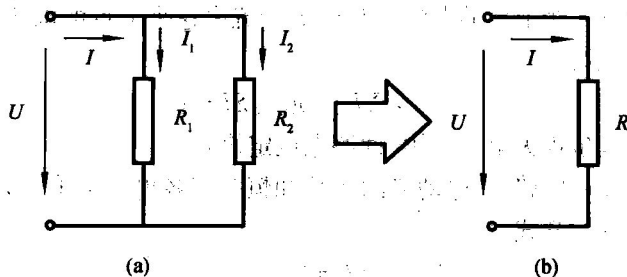


图 1-7 并联电路的性质

(2) 电阻的并联 两个或两个以上的电阻接在电路中相同的两点之间的连接方式叫做电阻的并联。如图 1-7 所示,图 a 是

图 b 的等效图。

并联电路的性质

① 并联电路中各电阻两端的电压都相等,即

$$U = U_1 = U_2 = \cdots = U_n$$

② 并联电路中的总电流等于流过各个电阻的电流之和,即

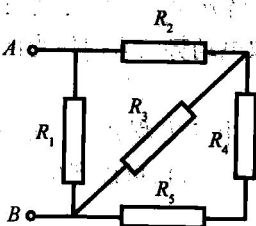
$$I = I_1 + I_2 + \cdots + I_n$$

③ 并联电路的等效电阻的倒数等于各并联电阻的倒数之和,

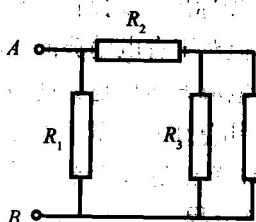
即

$$\frac{1}{R_{\text{总}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \cdots + \frac{1}{R_n}$$

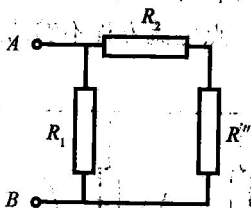
例 1.1 根据图 1-8 所示,已知 $R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = R_5 = 1\Omega$, 试计算 AB 间的等效电阻 R_{AB} 等于多少?



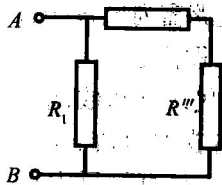
(a)



(b)



(c)



(d)

图 1-8

解:在该电路中既有电阻的串联又有电阻的并联,可看成 R_4 与 R_5 串联后与 R_3 并联,串联等效电阻 $R' = R_4 + R_5 = 1\Omega + 1\Omega = 2\Omega$;此时 b 图可以看成 a 图的等效图,则 R_3 与 R' 并联;其等效电

$$\text{阻 } R'' = R_3 // R' = \frac{2}{3} \Omega;$$

$$\text{此时 b 图又可等效成 c 图, } R'' \text{ 与 } R_2 \text{ 串联, 其等效电阻 } R''' = R'' + R_2 = 1\Omega + \frac{2}{3}\Omega = \frac{5}{3}\Omega;$$

此时 c 图可转化为 d 图, 很容易即可看出 R_1 与 R''' 是并联关系, 于是 $R_{AB} = R_1 // R''' = \frac{5}{8}\Omega$ 。

2. 复杂电路的计算

对于如图 1-5 所示的电路, 不能用简单的串、并联知识来解, 用基尔霍夫定律解答则方便得多。运用基尔霍夫定律解题的步骤如下:

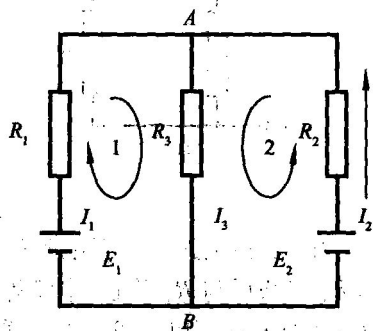
(1) 先标出各支路的电流方向和回路方向。回路方向可以任意假设, 但对于有电动势的回路, 通常取电动势的方向作为回路方向; 支路电流方向也是如此假设。

(2) 用基尔霍夫第一定律列出节点电流方程式。一般的, 一个具有 m 条支路, n 个节点的复杂电路 ($m > n$), 可以列出 $n-1$ 个节点电流方程。

(3) 用基尔霍夫第二定律列出回路电压方程式。由 m 条支路的复杂电路需列出 m 个方程式求解, 节点电流方程不够的通过回路电压方程补足。

(4) 代入已知数, 解方程组求出各支路电流。电流方向的确定: 计算结果为正, 实际方向与假设方向相同; 计算结果为负, 实际方向与假设方向相反。

例 1.2 已知例 1.2 图所示, $R_1 = 1\Omega$, $R_2 = 4\Omega$, $R_3 =$



例 1-2 图

$1\Omega, E_1=6V, E_2=3V$ 。求各支路电流。

解:(1)假设各支路电流和回路方向如右图所示。

(2)电路中只有两个节点,只能列出一个独立的节点电流方程式,对节点 A 有

$$I_1 + I_2 = I_3 \quad ①$$

(3)电路中有三条支路,即要求出三个未知量,需列出三个方程。现已有一个,另外两个由基尔霍夫第二定律列出。对于回路 1 和回路 2 分别列出:

$$R_1 I_1 + R_3 I_3 = E_1 \quad ②$$

$$R_2 I_2 + R_3 I_3 = E_2 \quad ③$$

(4)代入已知数,解由式①、②、③组成的方程式

$$I_1 + I_2 = I_3 \quad ④$$

$$I_1 + 4I_3 = 6 \quad ⑤$$

$$I_2 + 4I_3 = 3 \quad ⑥$$

解方程得

$$I_1 = 2A \quad (\text{方向与假设方向相同})$$

$$I_2 = -1A \quad (\text{方向与假设方向相反})$$

$$I_3 = I_1 + I_2 = 1A \quad (\text{方向与假设方向相同})$$

四、电功与电功率

1. 电功

用电器将电能转化成其他形式的能(热能、机械能等)叫电功。用字母 W 表示。其计算公式为

$$W = UIt \quad \text{或} \quad W = I^2 R t \quad \text{或} \quad W = (U^2 / R) \times t$$

上式中,电流单位是安,电压单位是伏,时间单位是秒,电功单位是焦耳,简称焦,用字母 J 表示。

在实际工作中,我国通常对电能的计量用多少度电($kW \cdot h$)表示。