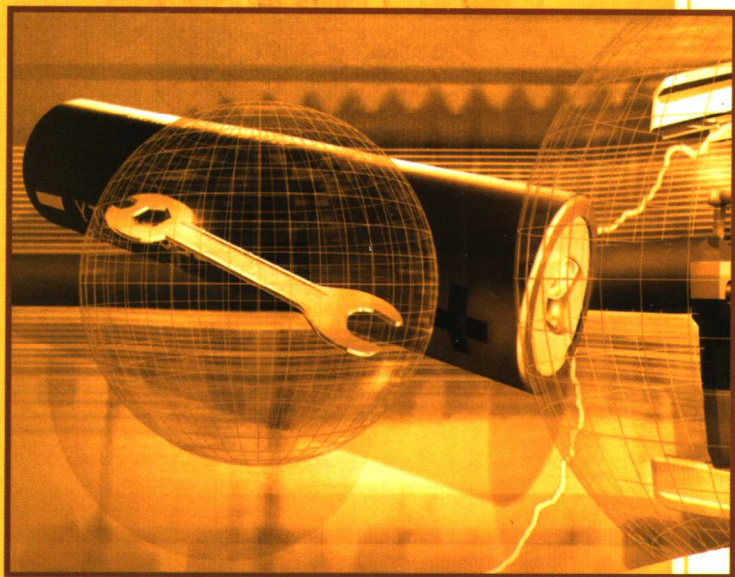


维修电工 操作实践



刘亚侠 蓝波 主编



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

维修电工操作实践

刘亚侠 蓝波 主编



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

内 容 提 要

本书针对初、中级维修电工应具备的基本操作技能,系统地介绍了有关操作的技能技巧。主要包括:电工基础知识、电子技术基础知识、常用工具和仪器仪表的使用与维护、电工材料的选用、电工和钳工基本操作技能、照明线路、变压器和电动机的检修、常用低压电器和电气控制基本线路的原理与维修、典型生产机械的电气控制线路、现代控制技术。

本书可作为广大维修电工必备的工具书,还可供相关专业的学生作为工程实训的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

维修电工操作实践/刘亚侠,蓝波主编. —北京:
中国电力出版社, 2005

ISBN 7-5083-3725-5

I. 维... II. ①刘... ②蓝... III. 电工-维
修 IV. TM07

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 137370 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路 6 号 100044 <http://www.cepp.com.cn>)

北京丰源印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2006 年 1 月第一版 2006 年 1 月北京第一次印刷

850 毫米 × 1168 毫米 32 开本 13 印张 342 千字

印数 0001—4000 册 定价 21.00 元

版 权 专 有 翻 印 必 究

(本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换)

前 言



本书以国家最新颁布的《国家职业标准维修电工》操作技能训练要求为依据,坚持“少而精”的原则,既面向生产,又注重基础知识的阐述,将其与技能知识和工艺知识相结合,将所学的理论知识付诸于实践而收效于实用。

本书针对维修电工操作应掌握的技能,收集了大量实用的技术资料,结合了编者的实践经验,着重理论联系实际,突出实际操作。其内容按通俗易懂的原则,图文并茂,操作方法灵活多样,并介绍了厂、矿企业的最新控制技术。全书共分 16 章:有供查阅的常用电工标准,电工材料、实用工具及仪器仪表的选用与维护,初、中级维修电工应具备的基本操作技能,照明装置和线路的选择与安装,变压器和电动机的运行与检修,低压电器及其故障的排除,电气控制基本环节和常用机床的电气控制线路与机床电气设备的维修,最后还介绍了厂、矿企业的最新控制技术。

本书除主编和副主编外,参加编写的还有汪振平、孙建彪、马志强、张存伟、周丽英、王 军、胡雪峰、蔡从友、杨月华,全书由李洋、陈善清主审,并对本书提出了不少很好的建议,在此表示感谢。

本书可作为广大维修电工必备的工具书,还可供相关专业的学生作为工程实训的参考书。

由于我们才疏学浅,错误之处在所难免,敬请广大读者批评指正。

编 者

目 录



前言

第一章 电工基础知识	1
第一节 直流电路基本知识	1
第二节 复杂电路	8
第三节 电磁感应	9
第四节 正弦交流电路	15
第二章 电子技术基础知识	26
第一节 半导体二极管及其应用电路	26
第二节 半导体三极管及其放大电路	31
第三节 晶闸管及应用电路	39
第四节 集成电路使用知识简介	44
第三章 常用电工仪表和仪器的使用	47
第一节 电工测量基础知识	47
第二节 常用电工仪表及使用	51
第三节 常用电工仪器	73
第四章 常用电工工具的使用	85
第一节 电工常用工具	85
第二节 手电钻和电烙铁	91
第三节 专用工具	93
第四节 常用量具	95
第五章 常用电工材料	98
第一节 常用导线的分类与应用	98
第二节 绝缘材料	102
第三节 磁性材料	108
第六章 钳工基本操作技能	112

第一节	辅助性操作技能	112
第二节	主要操作技能	117
第三节	装配性操作技能	123
第七章	电工基本操作技能	127
第一节	导线线头绝缘层的剖削	127
第二节	导线的连接	129
第三节	登高与绳子结扣	135
第八章	电工安全技术	140
第一节	电工安全知识	140
第二节	触电的危害性与急救	143
第三节	接地接零	148
第四节	电气安全工作制度	152
第九章	变压器	156
第一节	变压器的结构与工作原理	156
第二节	变压器绕组的极性测定	160
第三节	变压器运行维护	162
第四节	特殊用途的变压器	164
第五节	小型变压器的设计与绕制	168
第十章	电动机	177
第一节	三相交流电动机的基础知识	177
第二节	单相异步电动机的结构与原理	184
第三节	三相异步电动机的运行和维护	188
第四节	电机的拆装	193
第五节	三相异步电动机的定子绕组故障的检修	196
第六节	定子绕组及下线工艺	201
第七节	电动机修复后的试验	215
第八节	直流电动机	216
第九节	同步电动机	225
第十节	测速发电机	228
第十一节	伺服电动机	230

第十二节	电磁调速电动机	231
第十一章	常用低压电器	234
第一节	电器的基础知识	234
第二节	开关电器	239
第三节	熔断器	244
第四节	主令电器	246
第五节	接触器	249
第六节	继电器	251
第七节	低压电器故障的排除	256
第十二章	电气控制的基本规律及基本环节	259
第一节	电气控制线路的绘制	259
第二节	组成电器控制的一般规律	260
第三节	异步电动机的起动控制线路	265
第四节	三相绕线转子异步电动机的起动控制	268
第五节	三相异步电动机的制动控制线路	270
第六节	直流电动机的控制	274
第十三章	典型机床控制电路及其故障排除	278
第一节	车床的电气控制 (CA6140)	278
第二节	磨床的电气控制 (M - 7475B)	281
第三节	钻床的电气控制 (Z - 3040)	285
第四节	铣床的控制线路 (X52K)	290
第五节	T68 镗床的电气控制	294
第六节	20/5t 桥式起重机的控制	297
第七节	机床电气设备维修	302
第十四章	照明装置和线路的安装	305
第一节	照明装置的安装和维修	305
第二节	导线规格及选用	316
第三节	照明线路安装	320
第十五章	电工读图的基础知识	333
第一节	读图基础知识	333

第二节	电气识图的基本方法和步骤	344
第三节	电气标志	348
第十六章	现代控制技术	355
第一节	可编程控制器 (PLC) 原理及应用	355
第二节	变频器及异步电动机的变频调速	386
第三节	变频器应用举例——电力变压器 绕线机控制电路	396
参考文献		406

第一章 电工基础知识

第一节 直流电路基本知识

一、电路的构成

人们在生产和生活中使用的电器设备，如电动机、电视机、计算机等都由电路构成。电路的组成包括电源、负载和中间环节。其中电源的作用是为电路提供能量，如发电机利用机械能或核能转化为电能，蓄电池利用化学能转化为电能，光电池利用光能转化为电能等；负载则将电能转化为其他形式的能量加以利用，如电动机将电能转化为机械能，电炉将电能转化为热能等；中间环节用作电源和负载的连接体，包括导线、开关、控制线路中的保护设备等。

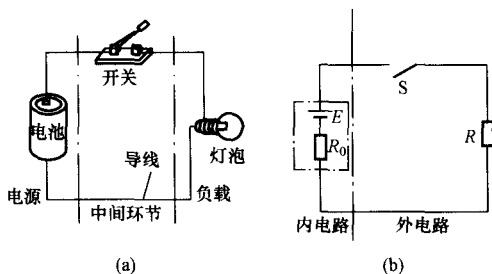


图 1-1 实物电路图和电路图

(a) 实物电路图；(b) 电路图

用电池、直流发电机等作为电源的电路，称为直流电路。电路可以用电路图来表示。一种是表示电气设备实物图形的实际电路，这种电路图虽然很直观，但表示很不方便，也不规范。在分析和研究电路时，总是把实际设备抽象成一些理想化的模型，用

规定的图形符号表示。这种用统一规定的图形符号表示的电路原理图简称为电路图，如图 1-1 所示。

二、基本物理量

1. 电量

物质由分子组成，分子由原子组成，原子又是由带正电的原子核和带负电荷的电子组成。我们定义，电子为电的最小基本单位，一个电子所带电量的多少为电的基本电量。因为电子所带的电量很少，为了将电应用到实用范畴，人们用库仑（C）作为电量的单位， 1C （库仑） $\approx 6.25 \times 10^{18}$ 电子电量。在自由状态下，导体中原子核所带的正电荷数和电子所带的负电荷数是相等的，所以原子是中性的，对外不显电性。

2. 电流

电荷在电场作用下有规则的定向移动就形成了电流。习惯上人们将正电荷移动的方向规定为电流的方向，电子移动的方向与电流的方向相反。

电流的大小取决于每秒钟内通过导体横截面的电荷量 Q 的多少，用电流 I 来表示，简称电流， I 的单位是安培，用字母 A 表示

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

为了度量方便，电流的单位还有 kA，mA， μA 等，其换算关系是

$$1\text{kA} = 1000\text{A} \quad 1\text{A} = 1000\text{mA} \quad 1\text{mA} = 1000\mu\text{A}$$

3. 电动势

电路中要有持续不断的电流，需要利用电源内部的电源力，不断地将正电荷从负极移到正极。衡量电源力移动电荷做功能力的物理量就是电动势。它等于将单位正电荷从电源的负极移到正极所做的功，用符号 E 表示，即

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

其中 W_E 为电源力所做的功，单位是焦耳 (J)。电动势的单位为伏特，简称伏，用字母 V 表示。不同电源的电动势是不一样的，例如一节干电池的电动势为 $1.5V$ ，蓄电池的电动势为 $2V$ 等。

4. 电位与电压

电路中的每一点均有一定的电位。为了分析电路中各点的电位，可以确定一个参考点。电场力将单位正电荷从电场中的某点移动到参考点所做的功称为该点的电位，用符号 ϕ 表示， ϕ 的单位也是伏特。

将单位正电荷从电场中 a 点移动到 b 点，电场力所做的功 W_{ab} 称为 a 、 b 两点之间的电压

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

电压的单位与电位的单位是相同的，也是伏特。为了度量方便，电压的单位还有 kV ， mV ， μV ，其换算关系是

$$1kV = 1000V \quad 1V = 1000mV \quad 1mV = 1000 \mu V$$

5. 电阻和电导

导体中的自由电子做定向运动时会与导体中的带电粒子发生碰撞而受到阻碍，这种导体对所通过的电流呈现的阻力称为电阻。电阻是反映导体对电流阻碍作用大小的一种物理量，用字母 R 表示，单位是欧姆 (Ω)。当导体两端的电压是 $1V$ ，导体内流过的电流是 $1A$ 时，这一段导体的电阻就是 1Ω 。为了度量方便，电阻的单位还有 $k\Omega$ 、 $M\Omega$ ，其换算关系是

$$1k\Omega = 1000\Omega \quad 1M\Omega = 1000 k\Omega$$

导体的电阻大小与该导体的长度 L 、横截面积 S 以及电阻系数 ρ 有关系，即

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

除了上述影响导体电阻的三个基本因素外，外界环境也会影响导体的阻值，温度就是其中之一。一般采用温度系数来反映温

度变化对电阻的影响。

电阻的倒数称为电导，用符号 G 表示，单位是西门子，简称西 (S)。

6. 电功和电功率

电流通过电路时，电场力对电荷作的功叫做电功，用符号 W 表示，单位是焦耳 (J)。电功的大小与负载两端的电压 U 、流过负载的电流 I 以及通过的时间 t 有关系，可以表述为

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

单位时间内电流所做的功称为电功率，用符号 P 表示

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

电功率的单位是瓦特 (W)，实用单位还有 kW、mW 等。

$$1\text{kW} = 1000\text{W} \quad 1\text{W} = 1000\text{mW}$$

7. 电流的热效应

电流通过导体时，导体发热的现象称为电流的热效应。如果电流通过导体产生的热量大小为 Q ，则该值与电流、导体电阻以及通电时间有关系，可以表述为

$$Q = I^2Rt$$

上式即为焦耳 - 楞次定律。

8. 电容器

电容器就是储存电荷的容器，两块金属导体间以绝缘介质相隔，并引出两个电极，就构成了一个电容器。

(1) 电容器的电容量 (C) 它是表示电容器存储电荷量能力大小的一个物理量。实验证明，对某一电容器来说，当它的介质、几何尺寸确定之后，加在电容器两块极板上的电压越高，极板上储存的电荷就越多。电容量的大小定义为：电容器任一极板上的带电量 (Q) 与加到两极板间的电压 (U) 的比值，可以表述为

$$C = \frac{Q}{U}$$

电容量的单位是法拉，用符号 F 表示。常见的实用单位有 μF 、 nF 、 pF 等。其换算关系为

$$1\text{F} = 10^6\mu\text{F} \quad 1\mu\text{F} = 10^6\text{nF} \quad 1\text{nF} = 10^6\text{pF}$$

(2) 电容器的特点 电容器在电路中的作用主要是储存电荷以及电场能量，这一作用又是通过电容器的充电、放电过程来实现的。

电容器具有隔直流、通交流的作用。当电容器处于直流电路中时，充电达到稳定状态后，电容器两端的电压等于电源电压，电路中的电流为零，电路处于开路状态，这说明电容具有隔断直流的作用。当电容器处于交流电路中时，由于交流电的大小和方向不断交替变化，电容器不断重复充、放电的过程，电容器极板上的电荷也随着这一过程变化，因而在电路中出现了持续的交流电流。这说明电容器具有通过交流的作用。如果在 Δt 时间内电容器极板上的电荷变化为 ΔQ ，则交流电路中的电流为

$$i = \frac{\Delta Q}{\Delta t} = C \frac{\Delta U_t}{\Delta t}$$

三、电阻和电容的连接

(一) 电阻的连接

1. 电阻的串联

将电路中两个以上的电阻依次连接起来，就构成了电阻的串联电路，如图 1-2 所示。

电阻串联电路具有以下特点：

- (1) 通过每个电阻的电流相等。
- (2) 总电压等于各电阻上的电压之和。
- (3) 等效电阻等于各串联电阻之和。
- (4) 每个电阻分得的电压和消耗的功率与其阻值成正比。

2. 电阻的并联

将电路中两个以上电阻的一端连在一点，另一端也连在一

点，就构成了电阻的并联电路，如图 1-3 所示。

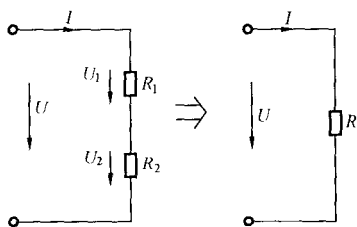


图 1-2 电阻的串联及等效电路

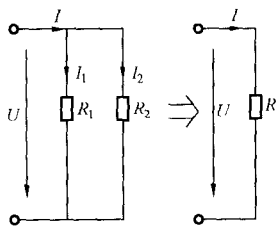


图 1-3 电阻的并联及等效电路

电阻并联电路具有以下特点：

- (1) 加在各并联电阻两端的电压相等。
- (2) 电路的总电流等于流过各并联电阻的电流之和。
- (3) 等效电阻的倒数等于各并联电阻的倒数之和。
- (4) 每个电阻分得的电流及消耗的功率与其阻值成反比。

3. 电阻的混联

电路的电阻既有串联又有并联的方式，就构成了电阻的混联电路。混联电路的计算较单纯的串联或并联电路复杂，一般求解步骤是：

- (1) 整理各电阻串联和并联接线，得到清晰的等效电路图。
- (2) 根据电阻串、并联的特点简化支路，求出各支路的等效电阻。
- (3) 由等效总电阻和电路的端电压应用欧姆定律求出电路总电流。
- (4) 应用电阻串联的电压分压公式和电阻并联的电流分流公式，分别求出各电阻上的电压和电流。

(二) 电容器的连接

1. 电容器的串联

将两个以上的电容器依次连接，中间无分支的连接方式，称为电容器的串联。其特点是：

- (1) 每个电容器所带的电荷量相等。
- (2) 等效总电容量的倒数等于各个电容量倒数之和。
- (3) 总电压等于各个电容器上的电压之和。
- (4) 每个电容器分得的电压与其电容量成反比。

2. 电容器的并联

将两个以上的电容器的两端分别接到电路中的两点，使每个电容器承受相同电压的连接方式，称为电容器的并联，对于电解电容的连接要注意极性。其特点是：

- (1) 各电容器两端的电压相同。
- (2) 总电荷量等于各电容器上的电荷量之和。
- (3) 等效总电容等于各电容器的电容量之和。

四、欧姆定律

1. 部分电路欧姆定律

该定律指流过导体的电流 I 与加在导体两端的电压 U 成正比，而与导体的电阻 R 成反比，即

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

2. 全电路欧姆定律

含有电源和负载的闭合电路称为全电路，如图 1-4 所示。图中 R_0 为电源的内电阻，电源 E 和 R_0 构成内电路。内电路之外的电路称作外电路。

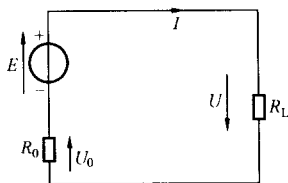


图 1-4 全电路欧姆定律

该定律指全电路中电源的电动势 E 与电流 I 成正比，与总电阻 $R_0 + R$ 成反比，即

$$I = \frac{E}{R_0 + R}$$

上式做变换，可得 $E = I (R_0 + R) = U_0 + U$

进一步变换可得 $U = E - IR_0$

该式表明电源的端电压等于电动势与内阻上的电压之差。当

电路处于开路状态时，可认为外电阻无穷大，这时电流 $I = 0$ ，电源的开路电压就等于电源电动势的大小。当电源两端被短接时处于短路状态，这时电源端电压 $U = 0$ ，电路中的短路电流为 $I = \frac{E}{R_0}$ ，由于电源内阻比较小，短路电流一般很大，容易损坏电源和导线，所以电源不允许短路。

第二节 复杂电路

能用电阻的串、并联方法将电路简化为无分支单回路的电路称为简单电路。上一节所述电路都是这样的电路。不能用电阻串、并联关系简化的电路称为复杂电路。分析和计算复杂直流电路依据电路的两个基本定律：欧姆定律和基尔霍夫定律。

1. 基尔霍夫电流定律

为了讨论问题的方便，我们首先给出几个有关电路结构的定义。

(1) 支路 由一个或一个以上的电路元件组成的一条无分支电路称为支路。

(2) 节点 三条或三条以上支路的交汇点称为节点。

(3) 回路 电路中任意一条闭合路径称为回路。

(4) 网孔 内部不含支路的回路称为网孔。

基尔霍夫电流定律也叫节点电流定律，简称为 KCL。该定律指出电路中任意时刻流进某节点的电流之和等于流出该节点的电流之和，即

$$\sum I_{\text{入}} = \sum I_{\text{出}}$$

基尔霍夫电流定律又可表述为：流过电路中任意一个节点的所有电流的代数和为零。基尔霍夫电流定律不仅适用于节点，也可以推广于任意假定的封闭面，即流进封闭面的电流等于流出封闭面的电流。

2. 基尔霍夫电压定律

基尔霍夫电压定律也叫做回路电压定律，简称为 KVL。该定律指出对于电路中的任一封闭回路，沿回路按一定方向环绕一周，回路中电动势的代数和等于电压的代数和，即

$$\sum E = \sum U = \sum IR$$

3. 基尔霍夫定律的使用——支路电流法

支路电流法是分析复杂电路的基本方法，它以电路中各支路电流为求解对象，根据基尔霍夫的两个定律写出必备数量的节点电流方程和回路电压方程，然后解联立方程，求解各支路电流。如果复杂电路有 m 条支路和 n 个节点，那么根据基尔霍夫电流定律可列出 $(n-1)$ 个独立方程，根据基尔霍夫电压定律可列出 $(m-1)$ 个独立方程。

第三节 电 磁 感 应

一、磁的基本知识

1. 磁场

具有磁性的物体叫磁体。磁体两端磁性最强的区域叫磁极，任何磁体都有两个磁极，分别用北极 (N) 和南极 (S) 表示。在磁体周围存在一种特殊物质，同时具有力和能的特性，称为磁场。

2. 磁力线

磁场和电场都是有方向的，为了形象地描述磁场，我们引入磁力线的概念，并规定在磁力线上每一点的切线方向表示该点的磁场方向，如图 1-5 所示。

磁力线有以下几个特点：

(1) 磁力线是互不相交的闭合曲线。在磁体外部由 N 指向 S，在磁体内部由 S 指向 N。

(2) 磁力线上任意一点的切线方向，就是该点的磁场方向，即小磁针在磁力作用下 N 极所指的方向。

(3) 磁力线越密表示磁场越强，反之磁力线越疏表示磁场越