

# 电工

## 操作技法与实例

D IANGONG  
CAOZUO JIFA YU SHILI  
王吉华 主编

- 专业知识与操作技能相结合
- 突出典型实例
- 增加技巧、禁忌与注意事项

长三角国家高技能人才培养中心特别推荐  
21 世纪技术工人操作技法与实例丛书

# 电工操作技法与实例

王吉华 主编

上海科学技术出版社

## 图书在版编目(CIP)数据

电工操作技法与实例/王吉华主编. —上海: 上海科学技术出版社, 2009. 6

(21 世纪技术工人操作技法与实例丛书)

ISBN 978—7—5323—9796—9

I. 电... II. 王... III. 电工技术—基本知识 IV. TM

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 042180 号

上海世纪出版股份有限公司  
上 海 科 学 技 术 出 版 社

出版、发行

(上海钦州南路 71 号 邮政编码 200235)

新华书店上海发行所经销

苏州望电印刷有限公司印刷

开本 850×1168 1/32 印张 9.25

字数: 252 千字

2009 年 6 月第 1 版 2009 年 6 月第 1 次印刷

ISBN 978—7—5323—9796—9/TM • 180

定价: 23.00 元

---

本书如有缺页、错装或坏损等严重质量问题,  
请向工厂联系调换



## 内容提要

本书着重介绍电工必须掌握的专业知识与各种操作技能,结合成熟的实践经验,将专业知识与操作技能有机地融在一起,力求解决生产中的实际问题;并以典型实际电工为例,详细介绍操作技能、操作技巧、操作禁忌及注意事项,供各相应工种技术工人参考借鉴。具体内容包括电工基础与测量仪表、常用电工电子元器件、电工基本操作技能、照明及应用、配电技术、住宅与工业布线的故障检修、电动机、电力系统、安全用电等。

本书可供工矿企业、供配电工程等广大电工技术人员参考,亦可作为机电、自动化等相关专业的课程实习参考书。

# “21 世纪技术工人操作技法与 实例丛书”编写委员会

丛书主编：徐 峰

编写人员：王吉华 夏祖印 任志俊 刘春玲 邱立功 陈忠民

张能武 周斌兴 黄 芸 楚宜民 马建民 王元龙

刘述芳 陶荣伟 薛国祥 张道霞 杨光明 唐亚鸣



# 前 言

随着国民经济和现代科学技术的迅猛发展,我国电工的设计、制造、运行和控制技术发生了深刻的变革,一大批新原理、新材料、新结构、新工艺、新技术、新性能的产品得到了广泛开发和应用,新的应用和新的需求同时也推动着电工技术本身的迅速发展。面对新的形势,广大从事电气工程技术工作的人员迫切需要知识更新,特别是学习和掌握与新的应用领域有关的新技能。为此,我们组织编写了《电工操作技法与实例》。

本书以介绍实用技能为主,图文并茂,简明实用,着重介绍电工必须掌握的专业知识与各种操作技能,以及一些成熟的实践经验,将专业知识与操作技能有机地融在一起,力求解决生产中的实际问题;并以典型实际电工为例,详细介绍操作技能、技巧、禁忌及注意事项,供各相应工种技术工人参考借鉴,突出实用性、针对性和可操作性。具体内容包包括电工基础与测量仪表、常用电工电子元器件、电工基本操作技能、照明及应用、配电技术、住宅与工业布线的故障检修、电动机、电力系统、安全用电等。本书可供工矿企业、供配电工程等广大电工技术人员参考,亦可作为机电、自动化等相关专业的课程实习参考书。

本书由长三角国家高技能人才培养中心组织编写,王吉华同志为主编。该书在编写过程中参考了大量的图书和企业培训资料,在此向上述作者和有关企业表示衷心的感谢和崇高的敬意!

由于本书涉及的范围非常广泛,编写时间较短,限于编者水平,难免有不足之处,敬请读者批评指正。

编 者

# 目 录

|                         |    |
|-------------------------|----|
| 第一部分 电工基础知识 .....       | 1  |
| 第一节 常用基本元件 .....        | 1  |
| 一、电阻器 .....             | 1  |
| 二、电感器 .....             | 4  |
| 三、电位器 .....             | 6  |
| 四、电容器 .....             | 10 |
| 五、磁头 .....              | 14 |
| 六、晶体二极管 .....           | 16 |
| 七、晶体三极管 .....           | 19 |
| 八、晶体闸流管 .....           | 23 |
| 第二节 常用电工材料 .....        | 26 |
| 一、电线、电缆和低压熔丝 .....      | 26 |
| 二、磁性材料 .....            | 38 |
| 三、绝缘材料 .....            | 39 |
| 四、电阻合金材料 .....          | 45 |
| 第三节 直流电路 .....          | 46 |
| 一、电路及其基本物理量 .....       | 46 |
| 二、欧姆定律及其应用 .....        | 52 |
| 三、直流电对电阻、电感及电容的作用 ..... | 53 |
| 第四节 交流电路 .....          | 56 |
| 一、正弦交流电路 .....          | 56 |
| 二、单相交流电路 .....          | 59 |

|                          |     |
|--------------------------|-----|
| 三、三相交流电路 .....           | 59  |
| <b>第二部分 基本操作技能</b> ..... | 63  |
| 第一节 常用工具的使用 .....        | 63  |
| 一、电烙铁 .....              | 63  |
| 二、验电器 .....              | 66  |
| 三、螺钉旋具 .....             | 69  |
| 四、冲击钻 .....              | 71  |
| 五、活扳手 .....              | 73  |
| 六、喷灯 .....               | 74  |
| 七、电工刀 .....              | 76  |
| 八、拆卸器 .....              | 77  |
| 九、游标卡尺 .....             | 77  |
| 十、外径千分尺 .....            | 80  |
| 十一、电锤 .....              | 83  |
| 第二节 测量仪表的使用 .....        | 84  |
| 一、兆欧表 .....              | 84  |
| 二、电流表 .....              | 86  |
| 三、电压表 .....              | 89  |
| 四、功率表 .....              | 92  |
| 五、万用表 .....              | 96  |
| 六、直流电位差计 .....           | 99  |
| 第三节 导线的基本操作 .....        | 100 |
| 一、导线的剖削 .....            | 100 |
| 二、导线的连接 .....            | 104 |
| 三、导线绝缘层的包缠 .....         | 108 |
| 第四节 低压电器的安装 .....        | 109 |
| 一、熔断器 .....              | 109 |
| 二、刀开关 .....              | 111 |
| 三、低压断路器 .....            | 113 |
| 四、插座 .....               | 114 |

|                          |            |
|--------------------------|------------|
| 五、开关 .....               | 117        |
| 六、白炽灯 .....              | 119        |
| 七、荧光灯 .....              | 123        |
| 八、钢索和钢索吊灯 .....          | 125        |
| 九、漏电保护器 .....            | 127        |
| 第五节 高空线路的安装 .....        | 131        |
| 一、接户线 .....              | 131        |
| 二、进户装置 .....             | 133        |
| 三、放线、紧线和拆线 .....         | 136        |
| 四、架空线路导线 .....           | 140        |
| 第六节 电动机的运行维护与故障处理 .....  | 147        |
| 一、异步电动机的运行 .....         | 147        |
| 二、异步电动机的拆卸 .....         | 150        |
| 三、异步电动机的维护与故障处理 .....    | 151        |
| 四、直流电动机的运行与故障处理 .....    | 155        |
| 第七节 电缆的敷设与配线 .....       | 157        |
| 一、电缆的敷设 .....            | 157        |
| 二、瓷绝缘子配线 .....           | 161        |
| 三、线管配线 .....             | 167        |
| 四、护套线配线 .....            | 173        |
| 五、接地装置的安装 .....          | 176        |
| 第八节 电气设备的维修 .....        | 180        |
| 一、配电变压器的安装 .....         | 180        |
| 二、热继电器的安装、试验与调整 .....    | 184        |
| 三、电流互感器的安装与使用 .....      | 186        |
| 四、电压互感器的安装与使用 .....      | 189        |
| 五、避雷器的安装与使用 .....        | 191        |
| <b>第三部分 典型操作实例 .....</b> | <b>195</b> |
| 一、电子元件组装工艺 .....         | 195        |
| 二、荧光灯电路的安装与调试 .....      | 202        |

|                                      |     |
|--------------------------------------|-----|
| 三、配电板安装实例 .....                      | 207 |
| 四、自锁控制线路安装与调试 .....                  | 214 |
| 五、配电箱制作与安装实例 .....                   | 219 |
| 六、小型变压器的绕制 .....                     | 221 |
| 七、室内电气线路的敷设及设备安装 .....               | 229 |
| 八、Y— $\Delta$ 自动转换控制线路的安装与调试 .....   | 234 |
| 九、手动Y— $\Delta$ 降压起动控制线路的安装与调试 ..... | 238 |
| 十、单向起动反接制动控制线路的安装与调试 .....           | 241 |
| 十一、三位半数字电压表的制作与调试 .....              | 246 |
| 十二、点动、自锁混合控制线路的安装与调试 .....           | 251 |
| 十三、点动控制线路的安装与调试 .....                | 253 |
| 十四、PLC 控制点动控制电路的安装与调试 .....          | 266 |
| 十五、主电路控制顺序起动线路的安装与调试 .....           | 268 |
| 十六、多地控制线路的安装与调试 .....                | 270 |
| 十七、自动往返控制线路的安装与调试 .....              | 271 |
| 十八、Z37 摇臂钻床控制线路的安装与调试 .....          | 275 |
| 十九、CA6140 车床控制线路的安装与调试 .....         | 280 |

# 第一部分 电工基础知识

## 第一节 常用基本元件

### 一、电阻器

电阻器简称电阻,它是由电阻率不同的材料制成。每一个电阻都有一定的电阻值。

#### 1. 电阻的分类及大小

按照制作材料不同,电阻可分为炭膜电阻、金属膜电阻、金属氧化膜电阻、玻璃釉膜电阻、合成炭膜电阻、绕线电阻等;按照用途不同,除了普通电阻外,还分为热敏电阻、光敏电阻等;按照结构特点不同,电阻又分为固定电阻、可变电阻和电位器等。电阻在电路中用字母“R”表示,常见电阻的外形及符号如图 1-1 所示。

实践证明,金属导体的电阻与导体的长度成正比,与导体截面积成反正,而且还与金属导体材料的性质有关,其计算公式为

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

式中  $R$ ——导体的电阻( $\Omega$ );

$l$ ——导体的长度(m);

$S$ ——导体的截面积( $\text{mm}^2$ );

$\rho$ ——电阻率( $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ )。

几种常用材料在 20℃ 时的电阻率,如表 1-1 所示。

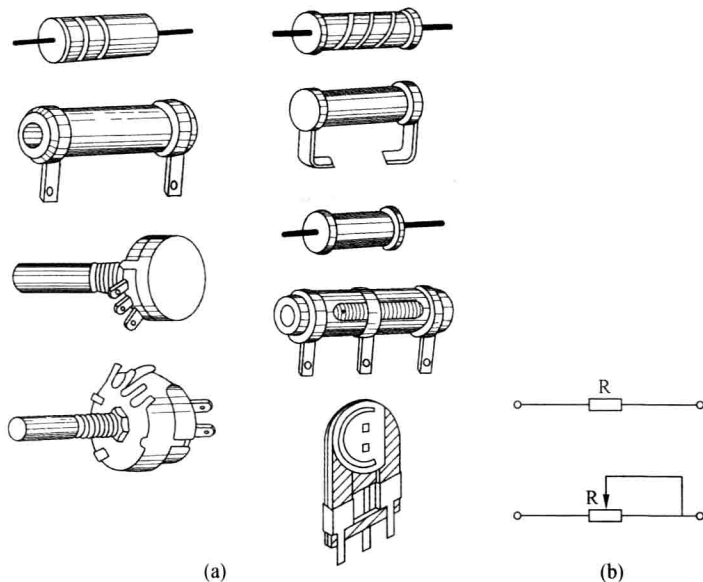


图 1-1 电阻  
(a) 常用电阻外形；(b) 电阻的符号

表 1-1 部分材料的电阻率

| 用 途  | 材料名称 | 电阻率 $\rho(20^{\circ}\text{C})(\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m})$ |
|------|------|-------------------------------------------------------------------|
| 制作导线 | 银    | 0.016 5                                                           |
|      | 铜    | 0.017 5                                                           |
|      | 铝    | 0.028 3                                                           |
| 制作电阻 | 锰 铜  | 0.42                                                              |
|      | 康 铜  | 0.44                                                              |
|      | 镍铬铜  | 1.0                                                               |

## 2. 电阻的主要技术参数

### (1) 电阻的标称阻值和误差

在电阻上标注的阻值叫做标称阻值,它的单位是欧姆,简称欧,用符号“ $\Omega$ ”表示,较大的电阻值可用千欧( $\text{k}\Omega$ )、兆欧( $\text{M}\Omega$ )表示,它们之间的关系是

$$1 \text{ k}\Omega = 10^3 \Omega$$

$$1 \text{ M}\Omega = 10^3 \text{ k}\Omega = 10^6 \Omega$$

电阻的实际阻值与标称阻值之差称为误差,它表示某一电阻标称阻值的精度。一般电阻的误差分为三个等级,即一级误差范围为标称阻值的 $\pm 5\%$ ;二级误差范围为 $\pm 10\%$ ;三级误差范围为 $\pm 20\%$ 。除此之外,精度较高的电阻其误差为 $\pm 0.5\%$ 、 $\pm 1\%$ 、 $\pm 2\%$ 等。

## (2) 电阻的额定功率

电阻在正常工作时允许消耗的最大功率叫做电阻的额定功率。电阻的额定功率与它所用材料和体积大小有关。一般来说,线绕电阻的额定功率较大,体积大的电阻的额定功率也较大。在使用过程中电阻实际消耗的功率超过其额定功率,就会使电阻的温度升高而引起阻值的变化,严重时可烧毁电阻。为了保证安全可靠,通常所用电阻的额定功率应比实际消耗的功率大 $100\% \sim 200\%$ ,电阻额定功率的标称值有 $1/8\text{ W}$ 、 $1/4\text{ W}$ 、 $1/2\text{ W}$ 、 $1\text{ W}$ 、 $2\text{ W}$ 、 $5\text{ W}$ 和 $10\text{ W}$ 等。常用电阻额定功率的表示法如图1-2所示。

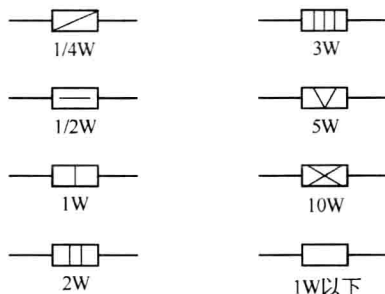


图1-2 常用电阻额定功率表示法

## 3. 色环电阻标值误别法

较小的炭膜电阻阻值及误差,一般用色环来表示,即在电阻的一端上画有三道或四道色环,如图1-3所示。

紧靠电阻端的为第一色环,其余依次为第二、三、四色环。第一色环表示阻值的第一位数字,第二色环表示阻值的第二位数字,第三色环表示阻值末尾有几个零,第四色环表示阻值的误差。色环的颜色所表示数字意义如表1-2所示。



图1-3 色环电阻标值法

表 1-2 色环所代表数字及数字意义

| 色 别 | 第一色环<br>第一位数 | 第二色环<br>第二位数 | 第三色环<br>应乘位数  | 第四色环<br>误 差 |
|-----|--------------|--------------|---------------|-------------|
| 棕   | 1            | 1            | 10            |             |
| 红   | 2            | 2            | 100           |             |
| 橙   | 3            | 3            | 1 000         |             |
| 黄   | 4            | 4            | 10 000        |             |
| 绿   | 5            | 5            | 1 000 00      |             |
| 蓝   | 6            | 6            | 1 000 000     |             |
| 紫   | 7            | 7            | 10 000 000    |             |
| 灰   | 8            | 8            | 100 000 000   |             |
| 白   | 9            | 9            | 1 000 000 000 |             |
| 黑   | 0            | 0            | 1             |             |
| 金   |              |              | 0.1           | ± 5%        |
| 银   |              |              | 0.01          | ± 10%       |
| 无色  |              |              |               | ± 20%       |

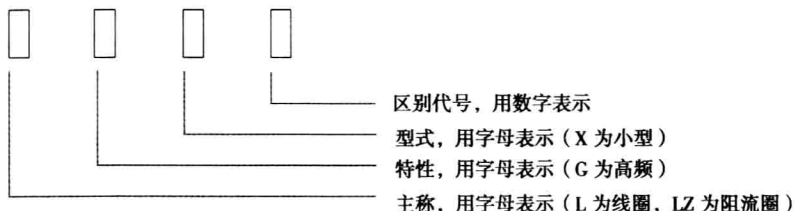
例如,有一只电阻有四个色环,其顺序为棕、绿、黄、银,其阻值为 150 000  $\Omega$ ,误差为  $\pm 10\%$ ;另一只电阻只有红、紫、黑 3 道色环,其阻值则为 27  $\Omega$ ,误差为  $\pm 20\%$ 。

## 二、电感器

### 1. 电感器的结构特点

电感器(Inductor)有两大类:一是利用自感作用的电感线圈,二是利用互感作用的变压器。电感线圈又有固定电感与可调电感两大类。变压器按照工作频率不同又可分为高频变压器、中频变压器和低频变压器;按照用途不同又可分为电源变压器、脉冲变压器、开关变压器、隔离变压器、振荡变压器等。电感线圈被广泛用于电子电路中的滤波器、调谐放大器、去耦电路等;变压器则主要用于交流信号的电压、电流和阻抗变换。

我国对电感线圈的型号命名方法如下:



例如, LGX 表示小型高频电感线圈。

我国对变压器的型号命名方法如下:

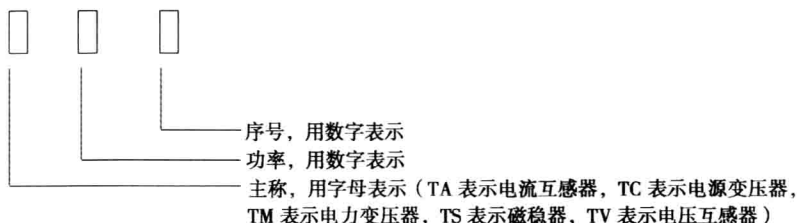


图 1-4 为常用电感器及变压器在电子电路中的常用符号。其中, 图 1-4a 是不含磁心的一般电感器符号, 图 1-4b 是有磁心的电感器电路符号, 图 1-4c 是带屏蔽层的电感器, 图 1-4d 是磁心有间隙的电感器, 图 1-4e 是带磁心的连续可变电感器, 图 1-4f 是带固定抽头的电感器, 图 1-4g 是标注瞬时电压极性(同名端)的双绕组变压器, 图 1-4h 是多二次侧绕组变压器, 虚线表示在一次侧与二次侧线圈间有一个屏蔽层。

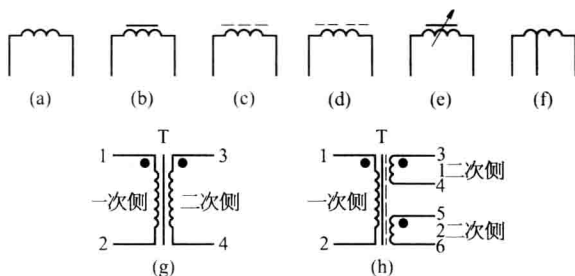


图 1-4 常用电感器及变压器的电路符号

电感量的单位为亨[利], 用字母 H 表示, 实际应用中更多地采用毫亨(mH)和微亨( $\mu\text{H}$ ), 它们之间的换算关系是

$$1 \text{ H} = 10^3 \text{ mH} = 10^6 \mu\text{F}$$

## 2. 电感器的主要技术参数

电感线圈的主要参数有电感量及允许偏差、品质因数、标称(额定)电流和分布电容等。

① 电感量及允许偏差:线圈电感量的大小,主要取决于线圈直径的尺寸、线圈匝数,有无磁心及磁心的材料等。允许偏差是指制造过程中电感量偏差的大小,通常有三个等级:I级为 $\pm 5\%$ ,II级为 $\pm 10\%$ ,III级为 $\pm 20\%$ 。

② 品质因数:又称 $Q$ 值,是表示线圈质量的一个量。它是指线圈在某一频率的交流电压下工作时,线圈所呈现的感抗和线圈直流电阻的比值,用公式表示为

$$Q = \frac{2\pi fL}{R} \quad (1-1)$$

式中  $f$ ——工作频率;

$L$ ——线圈的电感量;

$R$ ——导线的总损耗电阻。

③ 额定电流:指电感器正常工作时所允许通过电感器的最大电流。当通过电感器的电流大于这一电流值时,电感器将有烧坏的危险。

④ 分布电容:指线圈的匝与匝间、线圈与地间、线圈与屏蔽罩间、线圈的层与层间存在的电容,相当于并联在电感线圈两端的一个总的等效电容。当电感器工作在高频电路时,要尽可能合理地设计电路,减小分布电容的影响。

## 3. 电感器的识别方法

对体积较大的电感线圈,其电感量及标称电流一般在外壳上都有标注。对色码电感,其色环颜色的含义、允许误差等与色环电阻相同,但其单位为微亨( $\mu\text{H}$ )。对变压器、其额定功率、变压比、效率等也都标在外壳上,很易识别。

# 三、电位器

## 1. 电位器的结构特点

电位器是电阻器的一个分支,是一种可调电阻,也是电子电路中用途最广泛的元器件之一,电路上常用符号“RP”表示,它对外有3个引出端,其中两个为固定端,另一个是中心抽头。转动或调节电位器转动

轴,其中心抽头与固定端之间的电阻将发生变化。常见的电位器外形图如图 1-5 所示。

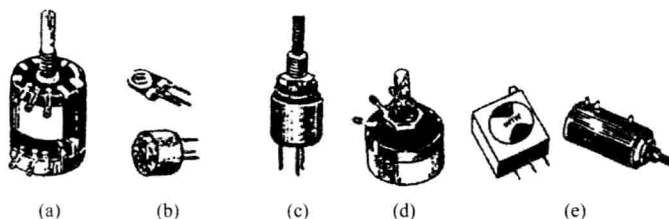


图 1-5 几种常用电位器

(a) 同轴双联电位器; (b) 半可调电位器; (c) 有机实心电位器; (d) 炭膜电位器; (e) 多圈电位器

电位器的种类很多,有炭膜电位器、实心电位器、线绕式电位器。其中,使用最多的是如图 1-6 所示的炭膜电位器。这种电位器是由炭黑和树脂的混合物涂在马蹄形胶片上制成的电阻片,从两端引出焊片“1”和“3”。电阻片上装有一个可转动的活动臂,并由焊片“2”引出。旋转电位器的旋转轴,可以改变这个活动臂在电阻片上接触的位置,从而达到调节阻值的目的。3 个引出端中“1”和“3”两端之间的电阻值  $R_{1-3}$  为“1”和“2”两端阻值  $R_{1-2}$  与“2”和“3”两端阻值  $R_{2-3}$  之和。随着动触点“2”在电阻片上滑动,  $R_{1-2}$  与  $R_{2-3}$  一个增大,另一个减小,总阻值  $R_{1-3}$  不变。

在实际电路中,电位器连接通常有变阻式(2、3 端短接后再与电路连接)和分压式(1、2、3 端各自分别与电路有关点连接),图 1-7 就是分压连接方法。

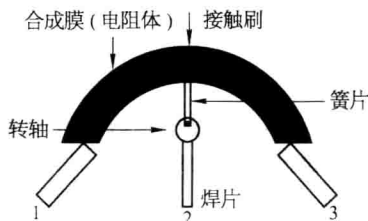


图 1-6 炭膜电位器内部结构

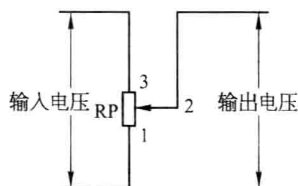


图 1-7 电位器的分压式接线法

因数字电位器具有调节准确方便、使用寿命长、受物理环境影响小、性能稳定等特点,已被广大电子工程技术人员熟悉。在数字电位器