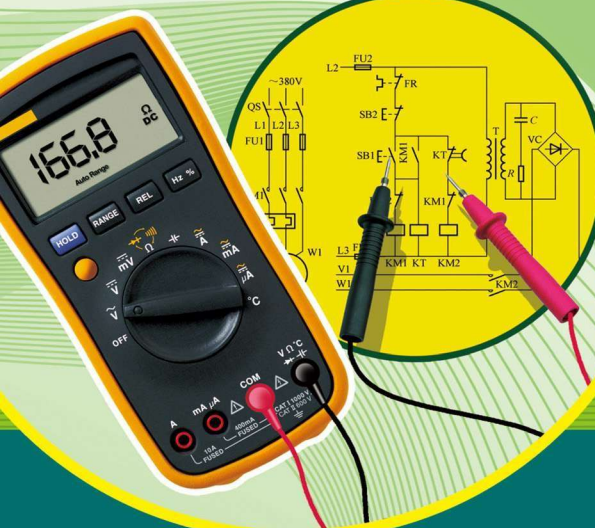


无师自通 系列书

电工

操作技能

贾智勇 编著



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

无师自通 系列书

电工操作技能

贾智勇 刘晓莹 杨志民 贾泽江 编著



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书由浅入深地介绍了电工必须具备的操作技能,全书共分9章:分别介绍了电子元器件认识与检测、常用低压电器选用、电动机拖动控制线路制作与调试、机床电气控制线路、室内外配电线路敷设及安装、弱电工程施工、电气设备检修、变配电室值班和配电倒闸操作以及安全用电技术等内容。

本书内容翔实、知识面广、注重实际应用、图文并茂,并有实际操作知识和维修技巧。

本书适合电工及初学者自学使用,同时,也可作为大专、中专、职业院校及各种培训班和再就业工程培训的教材或教学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

电工操作技能 / 贾智勇编著. —北京: 中国电力出版社, 2012.7

(无师自通系列书)

ISBN 978-7-5123-3284-3

I. ①电… II. ①贾… III. ①电工技术 IV. ①TM

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 156520 号

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街 19 号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

航远印刷有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2013 年 1 月第一版 2013 年 1 月北京第一次印刷
850 毫米×1168 毫米 32 开本 9.625 印张 252 千字
印数 0001—3000 册 定价 25.00 元

敬 告 读 者

本书封底贴有防伪标签,刮开涂层可查询真伪
本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版 权 专 有 翻 印 必 究

现在人们的生活已经离不开电力供应，随着社会进步与经济发展，工业和人们生活中电气设备的应用也越来越多，使用时也存在一定的危险，这就要求从事电工作业的人员应具备较高的技术水平。近几年我国工业开始由劳动密集型产业向技术密集型产业转化，各种工业和民用电气设备随之大量增加，从而对从事电工作业的人员要求越来越高。为了满足广大社会上学习电工这门专业技能的要求，我们编写了这本《电工操作技能》，以便大家尽快掌握电工技术，适应工作需要。

本书内容丰富、全面，包括了电工应掌握的基本操作技能。主要内容包括：电子元器件认识与检测、常用低压电器选用、电动机拖动控制线路制作与调试、机床电气控制线路、室内外配电线路的敷设及安装、弱电工程施工、电气设备检修、变配电室值班和配电倒闸操作以及安全用电技术等内容，基本涵盖了电工需要掌握的基本技能。

本书采用大量的实际操作图片，由浅入深地进行操作技能分析，语言通俗易懂，内容丰富，图文并茂，可使读者掌握多种电气设备的工作原理及操作技能。本书编者结合多年的教学及实际工作经验进行编写，因此注重实用性、降低难度也是本书一大特色。

本书适合刚从事电工技术工作的初级电工学习、参考，通过本书的学习，能帮助他们尽快掌握日常工作需要的基本技能。另外，本书参考最新国家标准，讲解规范、标准的操作方法，这也适合有一定工作经验的电工技术人员参考。

本书在编写过程中还参阅了部分书籍杂志的相关技术资料，在此对原作者表示衷心的感谢。由于编者水平有限，疏漏与不妥之处难免，敬请广大读者与同仁不吝指教。

编者

前言

第一章 电子元器件认识与检测	1
第一节 电阻器	1
一、电阻器标识的认识	1
二、电阻器的质量检查与测量	7
第二节 电容器	12
一、电容器标识的认识	12
二、电容器的质量检查与测量	17
第三节 电感器	20
一、电感器标识的认识	20
二、电感器的质量检查与测量	23
三、变压器的质量检查与测量	23
第四节 半导体器件	27
一、二极管的认识与检测	27
二、三极管的认识与检测	36
三、集成电路与厚膜电路的认识与检测	45
第二章 常用低压电器选用	51
第一节 低压电器基本知识	51
一、电磁机构	51
二、电器的触头和电弧	52
三、电器的分类	53
第二节 常用低压电器	55
一、熔断器	55
二、刀开关	58
三、断路器	60

四、接触器	63
五、中间继电器	71
六、热继电器	74
七、时间继电器	77
八、按钮	79
九、行程开关	82
十、行程开关使用注意事项	84
第三节 其他电器	84
一、电磁铁	84
二、凸轮控制器	86
三、频敏变阻器	88
第三章 电动机拖动控制线路制作与调试	90
第一节 三相异步电动机单向起动控制	90
一、单向点动（或步进、步退）	90
二、单向起动电路	91
三、连续与点动控制电路	92
第二节 三相异步电动机正反转控制接线	93
一、接触器连锁的正反转控制接线	93
二、按钮连锁的正反转控制接线	95
三、接触器、按钮双重连锁的正反转控制接线	96
第三节 三相异步电动机顺序起动和停止控制	97
一、两台电动机的顺序起动控制接线	97
二、两台电动机顺序停止的控制接线	98
第四节 三相异步电动机位置控制接线	99
一、限位控制接线	99
二、自动循环控制接线	100
第五节 三相异步电动机Y— Δ 降压起动自动控制 接线	102
第六节 三相异步电动机制动控制电路接线	103
一、能耗制动控制电路接线	103

二、反接制动控制电路接线	105
第四章 机床电气控制线路	107
第一节 CA6140 型普通车床电气控制线路	107
一、电路分析	107
二、常见故障分析	109
第二节 M7120 型平面磨床电气控制线路	110
一、电路分析	110
二、常见故障分析	115
第三节 Z35 型摇臂钻床电气控制线路	115
一、电路分析	115
二、常见故障分析	119
第四节 Y3150 齿轮机床电气控制线路	119
一、电路分析	119
二、常见故障分析	121
第五节 5t 桥式起重机电气控制线路	121
一、电路分析	121
二、常见故障分析	125
第五章 室内外配电线路敷设及安装	126
第一节 室外配电线路的敷设	126
一、架空线的敷设	126
二、架空室外线路的一般要求	131
三、登杆	132
第二节 电缆线路的敷设	134
一、直埋敷设	134
二、沟内敷设	141
三、排管敷设	143
四、室内明敷设	146
五、电缆接头的制作	151
第三节 室内线路与照明灯具安装	165
一、室内配线施工	165

二、照明灯具安装	195
三、照明电路故障检修	205
第六章 弱电工程施工	207
第一节 火灾自动报警与消防控制系统	207
一、火灾探测器	208
二、火灾报警器	213
三、消防灭火执行装置	213
四、消防系统电气施工简介	216
第二节 防盗报警与出入口控制系统	216
一、防盗探测器	217
二、用户端报警系统	221
三、出入口控制系统	221
四、实用停车场自动控制系统	223
第七章 电气设备检修	231
第一节 电气设备故障检修方法	231
一、直观法	231
二、测量电压法	232
三、测量电阻法	236
四、对比法、置换元件法、逐步开路（或接入）法	238
五、强迫闭合法	240
六、短接法	242
第二节 电气设备检修经验	244
一、区别易坏部位和不易坏部位	244
二、利用人体感官检查电气故障	246
三、牢记基本电路及机电连锁的关系	248
四、造成疑难故障的原因	249
五、常见电路故障检修实例	249
第八章 变配电室值班和配电倒闸操作	256
第一节 变配电室值班	256
一、进行安全检查	256

二、电气安全的组织措施	256
第二节 配电倒闸操作	261
一、基本要求	261
二、技术规定	261
三、操作票填写	262
四、安全要求	263
五、防止误操作的连锁装置	265
第九章 安全用电技术	266
第一节 漏电保护器	266
一、工作原理	266
二、应用范围	270
三、安装	275
第二节 常见触电方式	281
一、单相触电	281
二、两相触电	282
三、跨步电压触电	282
第三节 触电的防护技术和触电急救	283
一、直接接触电的防护	283
二、间接触电的防护	287
三、触电急救	291



第一章

电子元器件认识与检测

第一节 电 阻 器

电阻器是电子设备中应用最多的元件，它利用自身消耗电能的特性，在电路中起降压、阻流等作用。

一、电阻器标识的认识

(一) 固定电阻

1. 固定电阻器标识的认识

固定电阻器是一种最基本的电子元件。电阻的文字符号为“R”，电路符号及外形如图 1-1 所示。

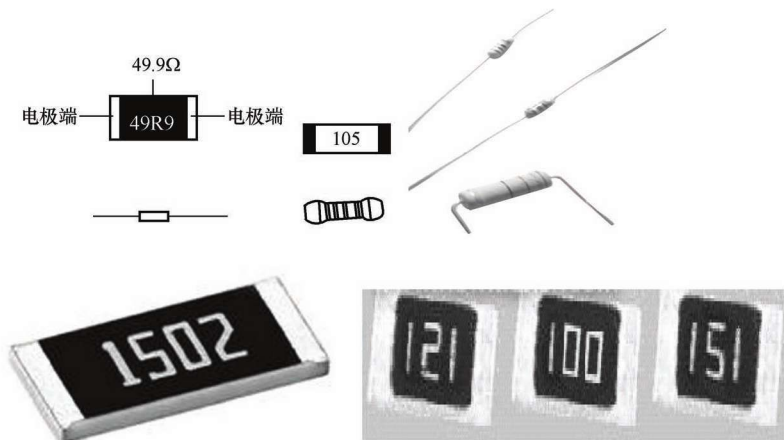


图 1-1 电阻器的电路符号和外形

2. 电阻器的种类

电阻器的分类方法很多，习惯上采用按主要性能和使用特征来划分，有以下几种。



(1) 普通电阻器。这是应用十分之泛的一种电阻器，它的性能参数已能满足一般用电器的使用要求。

(2) 精密电阻器。这类电阻器在一般电气设备中应用不多，它的特点是电阻值精度高，而且工作稳定性很好，多用于仪器仪表等精密电路。

(3) 固定电阻器根据制造材料和结构的不同，又可分为碳膜电阻（RT 型）、金属膜电阻（RJ 型）、有机实心电阻（RS 型）、线绕电阻（RX 型）等。其中，炭膜和金属膜电阻在电路中应用最多。

3. 电阻器的参数

(1) 标称阻值。简称阻值，基本单位是欧姆（ Ω ）。常用的单位还有千欧（ $k\Omega$ ）和兆欧（ $M\Omega$ ）。标称值的表示方法有：直标法、色标法、数字法、数字和字母法。

1) 直标法。在一些体积较大的电阻器身上，直接用数字标注出标称阻值，有的还直接标出允许偏差。由于电阻器体积大，标注方便，使用也很方便，一看便能知道阻值大小。

2) 色标法。色标法是用色环或色点（大多用色环）来表示电阻器的标称阻值、误差。色环有四道环和五道环两种，在读色环时从电阻器引脚离色环最近的一端读起，依次为第一道、第二道…。目前，常见的是四道色环电阻器。在四道色环电阻器中，第一、二道色环表示标称阻值的有效值，第三道色环表示倍乘，第四道色环表示允许偏差。各色环的含义见表 1-1。

表 1-1 色 环 含 义

颜色	黑	棕	红	橙	黄	绿	蓝	紫	灰	白	金	银	无色
表示数值	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10^{-3}	10^{-2}	
表示偏差%	± 1	± 2	± 3	± 4							± 5	± 10	± 20

【例 1-1】 色环颜色顺序为红、黑、橙、银，则该电阻器标称阻值为 $20 \times 10^3 \times (1 \pm 10\%)$ ，即 $20 \times (1 \pm 10\%) k\Omega$ 。

色环颜色顺序为绿、蓝、红、银，则该电阻器标称阻值为

$56 \times 10^2 \times (1 \pm 10\%)$, 即 $5.6 \times (1 \pm 1\%) \text{ k}\Omega$ 。

在五道色环的电阻器中,前三道表示有效值,第四道为倍乘,第五道为允许偏差。这是精密电阻器表示方式,有效数为三个数。

3) 快速记忆法。对于四道色环电阻,以第三道色环为主。如第三环为银色,则为 $0.1 \sim 0.99\Omega$, 金色为 $1 \sim 9.9\Omega$, 黑色为 $10 \sim 99\Omega$, 棕色为 $100 \sim 990\Omega$, 红色为 $1 \sim 99\text{k}\Omega$, 橙色为 $10 \sim 99\text{k}\Omega$, 黄色为 $100 \sim 990\text{k}\Omega$, 绿色为 $1 \sim 9.9\text{M}\Omega$ 。对于五环电阻,则以第四环为主。规律同四道色环电阻。但应注意,由于五环电阻为精密电阻,体积太小时,无法识别哪端是第一环,所以对色环电阻阻值的识别必须用万用表测量并结合色环得出。

4) 文字符号法。把电阻的标称阻值和允许误差用数字和文字符号按一定规律标在电阻上。单位词头字母符号的含义见表 1-2。

表 1-2 单位词头字母符号的含义

文字符号代表的单位			文字符号代表的误差	
			文字符号	误 差
文字符号	单 位		G	$\pm 2\%$
R	欧姆	Ω	J	$\pm 5\%$
k	千欧	$\text{k}\Omega$	K	$\pm 10\%$
M	兆欧	$\text{M}\Omega$	M	$\pm 20\%$

5) 数码表示法。即用三位数字表示电阻值(常见于电位器、微调电位器及贴片电阻)。识别时由左向右,第一位与第二位是有效数字,第三位是有效值的倍乘或 0 的个数,单位 Ω 。

快速记忆法同色环电阻,即第三位数为 1 则为几点几欧,为 2 则为几点几千欧,为 3 则为几十几千欧,为 4 则为几百几十千欧,为 5 则为几点几兆兆欧,以此类推。

(2) 额定功率。额定功率是指在特定环境温度范围内所允许承受的最大功率。在该功率限度以内,电阻器可以正常工作而不会改变其性能,也不会损坏。电阻额定功率的标注方法如图 1-2 所示。

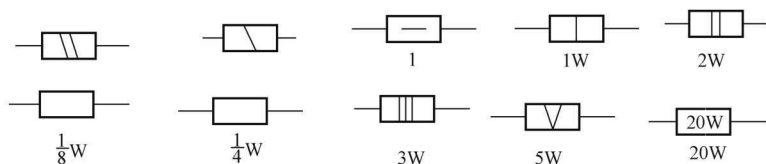


图 1-2 电阻功率标注方法

(3) 电阻温度系数。当工作温度发生变化时，电阻器的阻值也将随之相应变化，这对一般电阻器来说是不希望有的。电阻温度系数用来表征电阻器工作温度每变化 1°C 时其阻值的相对变化量。显然，该系数越小越好。电阻温度系数根据制造电阻的材料不同，有正系数和负系数两种。前者随温度升高阻值增大，后者温度升高阻值下降。热敏电阻器就是利用其阻值随温度变化而变化这一性能制成的一种电阻器。

(二) 可变电阻

可变电阻器有微调电阻器和电位器，它是一种阻值可连续变化的电阻器，它的优点是在电路中可方便地调整阻值，以获得最佳的电路特性。由于阻值可变化，省去了更换不同阻值电阻器的麻烦。

1. 常用可变电阻器的符号及外形及种类

常用可变电阻器的结构符号及实物外形如图 1-3 所示。



图 1-3 常用可变电阻器电路符号及实物外形

从图 1-3 中可以看出, 可变电阻器的两根固定引脚接在碳膜体两端, 碳膜体是一个电阻体, 在两根引脚之间有一个固定的电阻值。动片引脚上的触点可以在碳膜上滑动, 这样动片引脚与两固定引脚之间的阻值将发生大小改变。当动片触点顺时针方向滑动时, 动片引脚与引脚①之间阻值增大, 与引脚②之间阻值减小。反之, 动片触点逆时针方向滑动, 引脚间阻值反方向变化。在动片滑动时, 引脚①、②之间的阻值是不变化的, 但是如若动片引脚与引脚②或引脚①相连通后, 动片滑动时引脚①、②之间的阻值便发生了改变。可变电阻器的阻值是指两个固定引脚之间的电阻值, 也就是可变电阻器可以达到的最大电阻值, 可变电阻器的最小阻值为零(通过调节动片引脚的旋钮)。可变电阻器的阻值直接标在电阻器身上。

可变电阻器也称电位器, 其分类方法很多, 种类也相当繁多, 是多种电器控制中的调整元件。

图 1-3 中带开关的电位器是组合电位器, 其中三根引脚装置在一处, 两根引脚为固定引脚, 一根为动片引脚, 开关引脚装置在另一处, 通常是装在电位器的背面。这种带开关的电位器, 在转柄旋到最小位置后再旋转一下, 便将开关断开。在开关接通之后, 调节电位器过程中对开关便没有影响, 一直处于接通状态。图 1-3 中的旋转式电位器又有同心同轴(调整时两个电位器阻值同时变化)和同心异轴(单独调整)之分。直滑式电位器的特点是操纵柄往返作直线式滑动, 滑动时可调节阻值。

2. 主要参数

电位器的具体参数很多, 下面仅介绍几项十分重要的参数。

(1) 电阻值。电位器的电阻值也是指电位器两固定引脚之间的电阻值, 这跟碳膜体阻值有关。电阻值参数采用直标法标在电位器的外壳上。

(2) 额定功率。电位器的额定功率同电阻器的额定功率一样, 在使用中若运用不当也会烧坏电位器。

(三) 电阻器

1. 热敏电阻

热敏电阻器是一种用半导体材料制成的测温器件，它的热敏材料用锰、镍、钴等多种金属氧化物粉末按一定比例混合烧结而成，目前广泛应用的是正温度系数热敏电阻和负温度系数热敏电阻。电路符号如图 1-4 (a) 所示。

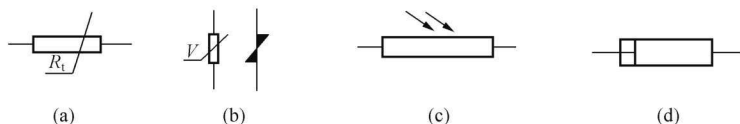


图 1-4 几种特殊电阻的电路符号

(a) 热敏电阻；(b) 压敏电阻；(c) 光敏电阻；(d) 保险电阻

(1) 正温度系数热敏电阻。又称 PTC，它的阻值随温度升高而增大，可应用到各种电路中，与负载串联。

电阻常见阻值规格（常温）有 12、15、18、22、27、40Ω 等。不同电路，所选用的电阻也不一样。

(2) 负温度系数热敏电阻器。负温度系数热敏电阻（NTC）是采用电子陶瓷工艺制成的热敏半导体陶瓷组件，它的电阻值随温度升高而降低，具有灵敏度高、体积小、反应速度快、使用方便的特点。NTC 热敏电阻器具有多种封装形式，能够很方便地应用到各种电路中。负温度系数热敏电阻器与其他元件并联可用做保护电路等。

2. 压敏电阻

压敏电阻器是利用半导体材料的非线性特性制成的一种特殊电阻器。当压敏电阻器两端施加的电压达到某一临界值（压敏电压）时，压敏电阻器的阻值就会急剧变小。压敏电阻的电路符号如图 1-4 (b) 所示。

压敏电阻的主要特性为：当两端所加电压在标称额定值内时，它的电阻值几乎为无穷大，处于高阻状态，其漏电流不大于 50μA，当它两端的电压稍微超过额定电压时，其电阻值急剧下降，立即处于导通状态，反应时间仅在毫秒级，工作电流急剧增加，从

而有效地保护电路。

3. 光敏电阻

有些半导体（如硫化镉等）在黑暗的环境下，其电阻值是很高的。当受到光照时，光子能量将激发出电子，导电性能增强，使阻值降低。而且照射的光线越强，阻值也变得越低。这种由于光线照射强弱而导致半导体电阻值变化的现象称为光导效应。光敏电阻是利用半导体光导效应制成的一种特殊电阻器，是一种能够将光信号转变为电信号的器件。用光敏电阻制成的器件又叫做“光导管”，是一种受光照射导电能力增加的光敏转换元件。光敏电阻的电路符号如图 1-4（c）所示。根据制作光敏层所用的材料，光敏电阻可以分为多晶光敏电阻器和单晶光敏电阻器。根据光敏电阻的光谱特性，又可分为紫外光敏电阻器、可见光光敏电阻器以及红外光光敏电阻器。

（1）紫外光光敏电阻器对紫外线十分灵敏，可用于探测紫外线，比较常见的有硫化镉和硒化镉光敏电阻器。

（2）可见光光敏电阻器有硒、硫化镉、硫硒化镉和碲化镉、砷化镓、硅、锗、硫化锌光敏电阻器等，可用于各种光电自动控制、照度计、电子照相机、光报警等装置中。

（3）红外光光敏电阻有硫化铅、碲化铅、硒化铅、铋化铟、碲锡铅、锗掺汞、锗掺金等光敏电阻器。它广泛应用于导弹制导、卫星监测、天文探测、非接触测量、气体分析和无损探伤等领域。

4. 保险电阻

保险电阻有电阻和保险熔丝的双重作用。当过电流使其表面温度达到 $500\sim 600^{\circ}\text{C}$ 时，电阻层便剥落而熔断。故保险电阻可用来保护电路中其他元件使其免遭损坏，以提高电路的安全性和经济性。

保险电阻一般以低阻值（几欧～几十欧）、小容量（ $1/8\sim 1\text{W}$ ）为多。它可用于电源电路中，电路符号如图 1-4（d）所示。

二、电阻器的质量检查与测量

（一）电阻器的检查

检测电阻器首先可以通过观察电阻器的外貌来检查其是否有