

电工技能  
大课堂

# 低压电工 基本技能

DIYA DIANGONG  
JIBENJINENG

● 张伯虎 主编



中国电力出版社  
CHINA ELECTRIC POWER PRESS



# 低压电工

## 基本技能

张伯虎 主 编  
王可山 方学文 贾新泉  
宋英杰 贾志勇 等参编  
孔凡桂 孔祥涛



中国电力出版社  
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

## 内 容 提 要

本书是为满足广大有志于进入低压电工工作岗位的人员、电工初学者和转岗及下岗人员再就业及农民工工务上岗的需要而专门编写的。目的是使读者在短时间内尽快掌握低压电工的必备基础知识和实践技能。

本书主要内容包括：电工基础知识、低压电工常用工具与测量仪器的使用、室内外配电线路的敷设及安装、照明灯具安装、低压线路必不可少的变压器、低压配电装置和低压电气设备、低压电工需要掌握的电工计量仪表的接线技术、常用低压开关电器、低压电工需要掌握的电动机知识、单相交流异步电动机结构与原理、直流电动机结构分类及工作原理、电动机典型线路、常见机床电器控制线路原理分析与维修、PLC 控制系统、程序设计、通用变频器的基本结构原理、变频器保养及维护、电工必知的安全操作技术等知识。

本书的讲解方式易懂好学，内容全面，针对性强，是一本适合低压电工初学者学习和实践的技术入门书。

本书既可用于自学，也可作为大中专、中职院校及各种短期培训班，以及农民工、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

低压电工基本技能 / 张伯虎主编. —北京：中国电力出版社，2012.5

（电工技能大课堂）

ISBN 978-7-5123-2993-5

I. ①低… II. ①张… III. ①低电压—电工技术—基本知识  
IV. ①TM

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2012）第 087653 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

\*

2012 年 9 月第一版 2012 年 9 月北京第一次印刷  
787 毫米×1092 毫米 32 开本 13.625 印张 335 千字  
印数 0001—3000 册 定价 27.00 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

## 内 容 提 要

本书是为满足广大有志于进入低压电工工作岗位的人员、电工初学者和转岗及下岗人员再就业及农民工工上岗的需要而专门编写的。目的是使读者在短时间内尽快掌握低压电工的必备基础知识和实践技能。

本书主要内容包括：电工基础知识、低压电工常用工具与测量仪器的使用、室内外配电线路的敷设及安装、照明灯具安装、低压线路必不可少的变压器、低压配电装置和低压电气设备、低压电工需要掌握的电工计量仪表的接线技术、常用低压开关电器、低压电工需要掌握的电动机知识、单相交流异步电动机结构与原理、直流电动机结构分类及工作原理、电动机典型线路、常见机床电器控制线路原理分析与维修、PLC 控制系统、程序设计、通用变频器的基本结构原理、变频器保养及维护、电工必知的安全操作技术等知识。

本书的讲解方式易懂好学，内容全面，针对性强，是一本适合低压电工初学者学习和实践的技术入门书。

本书既可用于自学，也可作为大中专、中职院校及各种短期培训班，以及农民工、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

低压电工基本技能 / 张伯虎主编. —北京：中国电力出版社，  
2012.5

（电工技能大课堂）

ISBN 978-7-5123-2993-5

I. ①低… II. ①张… III. ①低电压—电工技术—基本知识  
IV. ①TM

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2012）第 087653 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

\*

2012 年 9 月第一版 2012 年 9 月北京第一次印刷  
787 毫米×1092 毫米 32 开本 13.625 印张 335 千字  
印数 0001—3000 册 定价 27.00 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



## 前言



为了满足广大有志于进入低压电工工作岗位的人员、电工初学者和转岗、下岗人员再就业，以及农民工务工上岗的需要，使广大低压电工操作人员在短时间内尽快掌握低压电工的理论和实践技能，特编写此书。

本书内容丰富全面，涵盖了低压电工应掌握的基本内容。全书内容包括：电工基础知识、低压电工常用工具与测量仪器的使用、室内外配电线路的敷设及安装、照明灯具安装、低压线路必不可少的变压器、低压配电装置和低压电气设备、低压电工需要掌握的电工计量仪表的接线技术、常用低压开关电器、低压电工需要掌握的电动机知识、单相交流异步电动机结构与原理、直流电动机结构分类及工作原理、电动机典型线路、常见机床电器控制线路原理分析与维修、PLC 控制系统、程序设计、通用变频器的基本结构原理、变频器保养及维护、电工必知的安全操作技术等知识。

为了使读者尽快掌握相关知识，本书采用大量的实际操作图，由浅入深的对实例进行分析，同时本书还特别注重电工理论知识的阐述，能使读者学习技能时有进一步的提高，从而达到理论与实践相结合。此外本书语言通俗易懂，读者一看即懂，一学即会。

参加本书编写的工作人员有王可山、方学文、贾志勇、孔凡桂、孔祥涛等，本书在写作过程中，参考了大量的书刊和相关资料，在此成书之际向这些书刊和资料作者一并表示衷心感谢。

本书适合于低压电工初学者及其他电工从业人员阅读。同

时，本丛书也可作为大中专、中职院校及各种短期培训班，农民工及再就业工程培训的教材或教学参考书。

由于编者水平有限，书中疏漏和不妥之处在所难免，敬请读者批评指正。

**编 者**



# 目 录



## 前言



### 第一章 电工入门 .....1

第一节 电工基础知识 .....1

第二节 电工识图 .....37

第三节 低压电工常用工具与测量仪器的使用 .....48



### 第二章 室内外配电线路的敷设及安装 .....75

第一节 室外配电线路的敷设 .....75

第二节 电缆线路的敷设 .....83

第三节 室内线路配线 .....87

第四节 照明灯具安装 .....105



### 第三章 变压器 .....118

第一节 变压器的作用与分类 .....118

第二节 电力变压器的工作原理 .....120

第三节 变压器铭牌及构造 .....125

第四节 变压器的保护装置 .....136

第五节 常用的几种变压器 .....138







### 第四章 低压配电装置和低压电气设备 .....146

第一节 低压配电屏 .....146

第二节 低压电力网功率因数补偿 .....152

第三节 电工计量仪表的接线 .....164

第四节 常用低压开关电器 .....173

	<b>第五章 电动机</b> .....	201
	第一节 单相交流异步电动机结构与原理.....	201
	第二节 三相异步电动机.....	223
	第三节 直流电动机结构分类及工作原理.....	241
	<b>第六章 电动机典型线路</b> .....	251
	第一节 异步电动机线路.....	251
	第二节 直流电动机控制线路.....	281
	<b>第七章 常见机床电气控制线路</b> .....	301
	第一节 CA6140 车床电气控制线路.....	301
	第二节 M7120 磨床电气控制线路.....	307
	第三节 Z3040 摇臂钻床线路.....	310
	第四节 XA6132 万能铣床电路.....	314
	第五节 JZ350 型搅拌机电气控制电路.....	320
	第六节 塔式起重机控制电路分析.....	323
	<b>第八章 PLC 控制系统</b> .....	329
	第一节 PLC 的特点与应用.....	329
	第二节 西门子 S7-200 PLC 的基本指令及示例.....	335
	第三节 PLC 编程实例及技巧.....	378
	<b>第九章 变频器应用技术</b> .....	385
	第一节 通用变频器的基本结构原理.....	385
	第二节 TD3100 系列电梯专用变频器.....	397
	第三节 变频器保养及维护.....	405
	<b>第十章 电工必知的安全操作技术</b> .....	409
	第一节 电工安全技术操作规程.....	409



第二节	基本安全用电措施 .....	411
第三节	接地与接零 .....	413
第四节	电气设备的防火措施和灭火要求 .....	419
第五节	触电与救护 .....	421

# 第一章

## 电 工 入 门



### 第一节 电工基础知识

#### 一、电的基础知识

##### 1. 电荷的产生

电荷：电荷是物质、原子或电子等所带的电的量，单位是库仑（记号为C）。我们常将“带电粒子”称为电荷，但电荷本身并非“粒子”，只是常将它想象成粒子以方便描述。因此带电量多者称之为具有较多电荷，而电量的多少决定了力场（库仑力）的大小。此外，根据电场作用力的方向性，电荷可分为正电荷与负电荷，电子则带有负电。

根据库仑定律，带有同种电荷的物体之间会互相排斥，带有异种电荷的物体之间会互相吸引。排斥或吸引的力与电荷的乘积成正比。

点电荷：点电荷是带电粒子的理想模型。真正的点电荷并不存在，只有当带电粒子之间的距离远大于粒子的尺寸，或是带电粒子的形状与大小对于相互作用力的影响足以忽略时，此带电体才能称为“点电荷”。一个实际带电体能否看作点电荷不仅与带电体本身有关，还取决于问题的性质和精度的要求。点电荷是建立基本规律时必要的抽象概念，也是在分析复杂问题时不可少的分析手段。例如，库仑定律、洛伦兹定律的建立，带电体的电场，以及带电体之间相互作用的定量研究，试验电荷的引入等，都应用了点电荷的观念。

粒子的电荷：在粒子物理学中，许多粒子都带有电荷。电荷在粒子物理学中是一个相加性量子数，电荷守恒定律也适用于粒



子，反应前粒子的电荷之和等于反应后粒子的电荷之和，这对于强相互作用、弱相互作用、电磁相互作用都是严格成立的。

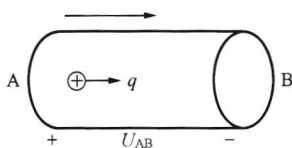


图 1-1 电压

## 2. 电压

电流在导体中流动就像“水流”，总是从“高”往“低”流。“高”与“低”之间的差值就是电压。如图 1-1 所示，电压实际是单位正电荷在电场力的作用下从 A 运动到 B 时电

场力所做的功。

若 A、B 两点间的电压用  $U_{AB}$  表示，则

$$U_{AB} = \frac{W_{AB}}{q}$$

式中  $U_{AB}$  —— A、B 两点间的电压，V；

$W_{AB}$  —— 电场力所做的功，J；

$q$  —— 电荷量，C。

常用的电压单位还有千伏 (kV)、毫伏 (mV)、微伏 ( $\mu\text{V}$ ) 等，它们的关系是

$$1\text{kV} = 10^3\text{V}, 1\text{mV} = 10^{-3}\text{V}, 1\mu\text{V} = 10^{-6}\text{V}$$

通常，大小和极性都不随时间变化的电压称为直流电压，规定用大写字母  $U$  表示。

电压的正方向规定为：由高指向低，如从电源的正极指向负极。

电压方向表示方法如下。

- (1) 用“+”、“-”表示“高”、“低”。
- (2) 用箭头表示，顺着箭头方向为电压降低的方向。
- (3) 用电压符号加下标来表示，如  $U_{AB}$  不仅表示 A、B 两点间的电压值，也表示该电压的方向是从 A 指向 B。

## 3. 电流

(1) 电流的形成。电荷的定向移动形成电流。规定正电荷移

动的方向为电流的方向，负电荷移动方向与电流方向相反，如图 1-2 所示。

导体中有大量的自由电子，通常情况下它们都处于无规则的热运动状态，朝任何方



图 1-2 电流的方向

向运动的概率都是一样的。这样，对导体的任意一个截面来说，在任意一段时间内从截面两侧穿过截面的自由电子数都相等。从宏观上看，没有电荷的定向移动，因而也没有电流。

如果将导体放进电场内，导体中的自由电子在电场力的作用下做定向的移动便形成了电流。因此，电流就是电荷在电场力作用下有规则的运动。例如金属导体中自由电子在电场力作用下的定向移动，电解液中正、负离子在电场力作用下的移动都形成电流。

(2) 电流的大小。电流的大小用电流强度表示。电流强度指在单位时间内通过导体横截面的电荷量，电流强度通常称为电流。

若电流的大小和方向都不随时间变化，则称为直流电。设在时间  $t$  内流过某一横截面的电荷量为  $q$ ，则电流为

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

式中  $I$ ——电流，A；

$q$ ——电荷量，C；

$t$ ——时间，s。

如果在 1 秒钟(s)内通过导体横截面的电荷量是 1 库伦(C)，则规定导体中的电流为 1 安培(A)。

常用的电流单位还有千安(kA)、毫安(mA)、微安( $\mu$ A)等，它们的关系是

$$1\text{kA}=10^3\text{A}, 1\text{mA}=10^{-3}\text{A}, 1\mu\text{A}=10^{-6}\text{A}$$



#### 4. 电位

电位表示电路中某一点相对于参考点之间的电压，通常规定参考点电位为零电位。电路中某点 A 的电位在数值上等于电场力将单位正电荷从该点沿任意路径移动到参考点所做的功，用  $U_A$  表示，电位的单位与电压单位相同。

(1) 必须先确定参考点才能确定电路中各点的电位，各点的电位才是唯一、确定的数值。

(2) 同一个电路中，选定不同的参考点，同一点的电位是不同的。通常，若有接地点（电路图中表示为“⊥”），则选择接地点为参考点。

(3) 在电路中分析同一问题时，参考点一经确定就不能再变更。

#### 5. 电动势

如果将电流比喻为“水流”，那么就像“抽水机”将低处的水抽到高处，电源将负极的正电荷运到正极，而电动势就是表征电源运送电荷能力大小的物理量。

在图 1-3 中，A、B 为电源的正、负极板，两极板上带有等

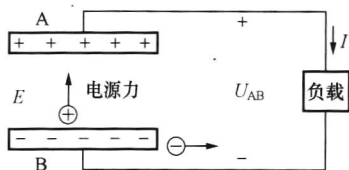


图 1-3 电动势原理

量异号的电荷，在两极板间形成电场。负电荷沿着电路由低电位端（负极）经过负载流向高电位端（正极），从而形成电流  $I$ 。所以在电源外部电路中，电流总是从电源正极流出，最后流回电源负极的，或者说从

高电位流向低电位。负电荷由正极板移动至负极板后与正电荷中和，使两极板上的电荷量减少，从而两极板间的电场减弱，相应的电流也逐渐减小。为了在电路中保持持续的电流，在电源内部必须有一种非电场力，将正电荷从低电位端（负极板）



逆电场力不断推向高电位端（正极板），这个外力是由电源提供的，因此称为电源力。电动势用于表征电源力的能力，在数值上定义为电源力将单位正电荷从电源的负极移动到正极所做的功。

电动势用符号  $E$  表示，单位是伏特（V），表达式为

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

式中  $E$ ——电动势，V；

$W$ ——电源力所做的功，J；

$q$ ——电荷量，C。

(1) 电动势在数值上就等于电源开路时正、负两极之间的电压。

(2) 电动势的方向：规定由电源的负极指向正极，即从低电位指向高电位。

## 6. 电阻及电阻器

(1) 电阻的特性。电流流过任何导体时都有阻碍作用发生，这种阻碍作用称为导体的电阻。金属导体存在电阻是因为大量自由电子在发生定向移动时要和原子发生碰撞，从而使自由电子的运动受阻，所以每个导体在一定的电压作用下只能产生一定的电流。导体电阻用符号  $R$  表示，基本单位为欧姆（ $\Omega$ ），另外还有千欧（ $k\Omega$ ）、兆欧（ $M\Omega$ ）。它们的换算关系为

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

实验证明：导体的电阻大小与导体的长度成正比，与导体的横截面积成反比，并与导体的材料有关。

如果将同一导体的横截面变小、长度变长，则导体的电阻变大；反之，则电阻变小。同样规格尺寸不同材料的导体，导体的电阻率越大，导体的电阻越大；反之，则电阻越小。用公式表示为

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

式中  $R$ ——电阻值,  $\Omega$ ;

$\rho$ ——导体的电阻率,  $\Omega \cdot \text{m}$ ;

$l$ ——导体的长度,  $\text{m}$ ;

$S$ ——导线横截面积,  $\text{m}^2$ 。

不同的金属材料有不同的电阻率。表 1-1 列出几种材料在  $20^\circ\text{C}$  时的电阻率。从表中可知, 除银以外, 铜、铝等金属的电阻率很小, 导电性能很好, 适于制作导线; 铁、铝、镍、铬等的合金电阻率较大, 常用于制作各种电热器的电阻丝、金属膜电阻和绕线电阻, 碳则可以用来制造电动机的电刷、电弧炉的电极和碳膜电阻等。

表 1-1 几种常用材料在  $20^\circ\text{C}$  时的电阻率

材 料	电阻率/ ( $\Omega \cdot \text{m}$ )	材 料	电阻率/ ( $\Omega \cdot \text{m}$ )
银	$1.6 \times 10^{-8}$	锰铜合金	$4.4 \times 10^{-7}$
铜	$1.7 \times 10^{-8}$	康铜	$5.0 \times 10^{-7}$
铝	$2.9 \times 10^{-8}$	镍铬合金	$1.0 \times 10^{-6}$
钨	$5.3 \times 10^{-8}$	碳	$3.5 \times 10^{-5}$
铁	$1.0 \times 10^{-7}$		

实验还表明, 当温度改变时, 导体的电阻会随温度变化。纯金属的电阻都是有规律地随温度的升高而增大。当温度的变化范围不大时, 电阻和温度之间的关系可用下式表示

$$R_2 = R_1 [1 + \alpha(t_2 - t_1)]$$

式中  $R_1$ ——温度为  $t_1$  时的电阻;

$R_2$ ——温度为  $t_2$  时的电阻;

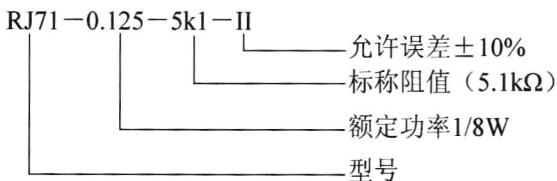
$\alpha$ ——电阻的温度系数,  $1/^\circ\text{C}$ 。

当  $\alpha > 0$  时, 称作正温度系数, 表示该导体的电阻随温度的升高而增大; 当  $\alpha < 0$  时, 称作负温度系数, 表示该导体的电阻随温度的升高而减小。很多热敏电阻都具有这种特性。

实际中常常需要各种不同的电阻值, 因而人们制成了许多种类型的电阻器。电阻值不能改变的电阻器称为固定电阻器, 电阻值可以改变的称为可变电阻器。电阻器的主要物理特征是变电能变为热能, 也可说它是一个耗能元件, 电流经过它就产生热能。电阻器在电路中通常起分压分流的作用。常用的定值电阻如图 1-4 所示, 定值电阻和可变电阻在电路中的符号如图 1-5 所示。

### (2) 识读电阻器的阻值。

1) 文字符号直标法。用阿拉伯数字和文字符号两者有规律的组合来表示标称阻值、额定功率、允许误差等级等。举例如下。



上例中“5k1”处若是 1R5 则表示 1.5 $\Omega$ , 2K7 表示 2.7k $\Omega$ 。标称阻值字母代表含义见表 1-2。由上例中标号可知, 它是精密金属膜电阻器, 额定功率为 1/8W, 标称阻值为 5.1k $\Omega$ , 允许误差为  $\pm 10\%$ 。

表 1-2 标称阻值字母代表含义

文字符号	R	K	M	G	T
表示单位	欧姆 ( $\Omega$ )	千欧姆 ( $10^3\Omega$ )	兆欧姆 ( $10^6\Omega$ )	千兆欧姆 ( $10^9\Omega$ )	兆兆欧姆 ( $10^{12}\Omega$ )



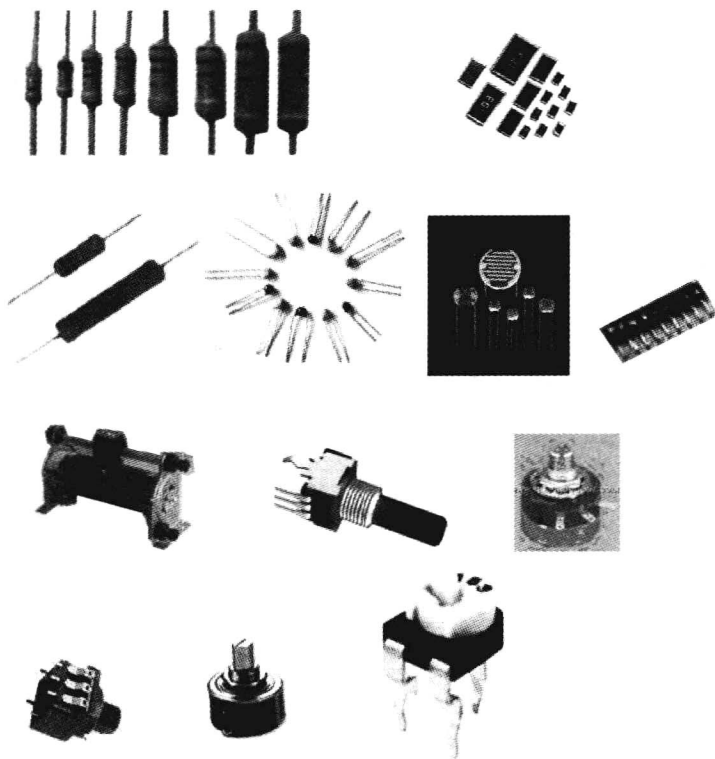


图 1-4 常用的定值电阻

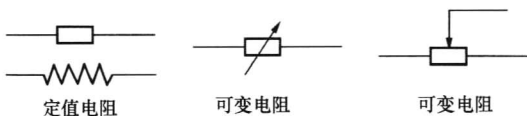


图 1-5 定值电阻和可变电阻在电路中的符号

2) 色标法。色标法是将电阻器的类别及主要技术参数的数值用颜色(色环或色点)标注在它的外表面上。色标电阻