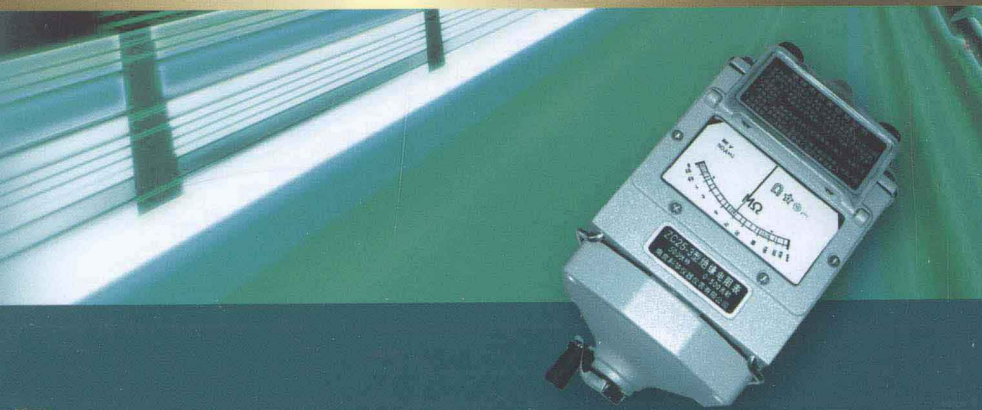




学技能就业直通车系列书

电工操作 快速入门

● 乔长君 马天钊 编著



图文并茂
轻松易读

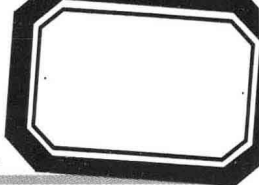
所有讲解都围绕插图进行，内容来源于生产实践，便于读者学习掌握。
紧紧围绕入门展开，运用通俗的语言，将难以理解的概念转化为相对简单的知识，使枯燥的学习变得相对轻松，帮助读者迅速学会技能。



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS



学技能就业直



电工操作 快速入门

● 乔长君 马天钊 编著



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书是针对农村剩余劳动力转化的新要求编写的,运用通俗的语言,将难于理解的概念化为相对简单的知识,力图使枯燥的学习变为相对轻松的过程,从而使读者能够轻松掌握技能。

本书共分5章,内容包括:基本知识、配电线路安装、室内配线、三相异步电动机及其控制电路的维修、安全用电与触电急救。全书内容来源于生产实践,翔实新颖,图文并茂,具有先进性、系统性和较高的实用价值。

本书适合初中以上文化程度、初学电气识图的电工阅读,也可作为专业人员的参考工具书,还可作为职业技术院校相关专业的辅助教材。

图书在版编目(CIP)数据

电工操作快速入门/乔长君,马天钊编著. —北京:中国电力出版社,2014.1

(学技能就业直通车系列书)

ISBN 978-7-5123-4812-7

I. ①电… II. ①乔… ②马… III. ①电工技术 IV. ①TM

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 183347 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>)

北京市同江印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2014 年 1 月第一版 2014 年 1 月北京第一次印刷

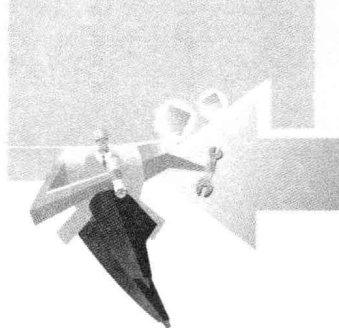
850 毫米×1168 毫米 32 开本 9.875 印张 251 千字

印数 0001—3000 册 定价 22.00 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



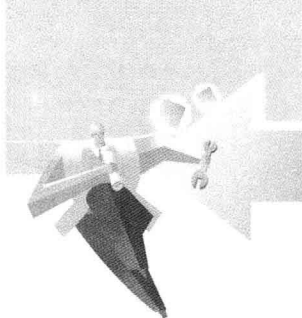
前 言

电工作为技术性很强的工种，不仅要求具有很高的动手能力，还要求具有很强的判断能力，这就需要他们必须掌握丰富的电工知识。只有沉淀深厚的专业知识，积累丰富的实际工作经验，才能在实际工作中遇事不乱，沉着稳定，关键时刻有所作为。

本书是针对农村剩余劳动力转化的新要求编写的，运用通俗的语言，将难于理解的概念转化为相对简单的知识，力图使枯燥的学习变为相对轻松的过程，从而使读者能够轻松掌握技能。在大致介绍基础知识之后，分章节介绍室外配电线路的安装、室内配电线路的安装维修以及三相异步电动机及其控制电路的维修等内容，并在最后一章重点介绍安全用电和触电急救的知识，让广大电工在工作过程中能够绷紧安全这根弦。本书内容翔实新颖，图文并茂，具有较高的实用价值。

本书由乔长君、李强、郭建编写，由于实践经验和学识水平有限，书中错误和不妥之处在所难免，恳请广大读者批评指正，以求进一步完善。在此表示衷心感谢。

编 者



目 录

前言

第1章 基本知识	1
1.1 电工基础知识	1
1.1.1 电与磁基本知识	1
1.1.2 电路	6
1.2 常用电工材料.....	12
1.2.1 导电材料.....	12
1.2.2 常用电工绝缘材料.....	19
1.2.3 电工用塑料薄膜、复合制品及粘带.....	25
1.2.4 绝缘漆.....	30
1.2.5 常用电气安装材料.....	32
1.3 常用工具与仪表.....	38
1.3.1 通用工具.....	38
1.3.2 常用量具.....	46
1.3.3 电动工具.....	48
1.3.4 电气安全用具.....	51
1.3.5 常用仪表.....	52
第2章 配电线路安装	56
2.1 架空线路的施工.....	56
2.1.1 电杆的安装.....	56
2.1.2 横担安装.....	68
2.1.3 绝缘子(瓷瓶)的安装.....	71
2.1.4 拉线的制作安装.....	71

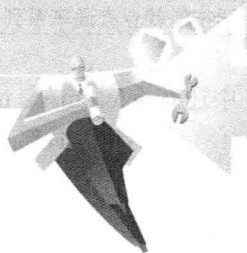
2.1.5	安装导线	77
2.1.6	低压进户装置的安装	85
2.2	电缆施工	89
2.2.1	室内电缆明敷设	89
2.2.2	直埋敷设	93
2.2.3	电缆保护管敷设	99
2.3	电缆头制作	103
2.3.1	塑料电缆头的制作	103
2.3.2	交联电缆头制作	109
第3章	室内配线	112
3.1	室内配线概述	112
3.1.1	室内配线的种类	112
3.1.2	室内配线的技术要求	112
3.1.3	导线及线管的选择	113
3.1.4	室内器具位置选择	116
3.2	钢管明配线	121
3.2.1	钢管的加工	121
3.2.2	管子连接	125
3.2.3	管子安装	127
3.3	塑料护套线配线	136
3.3.1	弹线定位	136
3.3.2	导线固定	136
3.3.3	塑料护套线明敷设	138
3.4	半硬塑料管暗敷设	141
3.4.1	半硬塑料管的加工	141
3.4.2	半硬塑料管在墙体砌筑中的敷设	143
3.4.3	半硬塑料管在现浇混凝土工程中敷设	144
3.4.4	半硬塑料管在轻质空心石膏板隔墙内敷设	145
3.4.5	半硬塑料管在预制空心楼板内的敷设	146

3.4.6	导线连接	147
3.4.7	灯具安装	151
3.4.8	绝缘包扎	155
3.5	电气照明的维修	156
3.5.1	白炽灯线路	156
3.5.2	照明线路常见故障及处理	158
3.5.3	荧光灯(日光灯)故障	162
3.6	家用电器的安装	166
3.6.1	有线电视的安装	166
3.6.2	浴霸的安装	167

第4章 三相异步电动机及其控制电路的维修..... 169

4.1	低压电器控制线路图读图方法	169
4.1.1	常见基本电气控制线路	169
4.1.2	控制电路图的查线读图法	174
4.2	低压电器	179
4.2.1	刀开关、隔离器、熔断器组合电器	179
4.2.2	熔断器	186
4.2.3	断路器	189
4.2.4	接触器	193
4.2.5	热继电器	197
4.2.6	主令电器	199
4.3	电动机保护器	205
4.3.1	电动机保护器的组成 (以工泰 GT—JDG6 为例)	205
4.3.2	工泰 GT—JDG6 电动机保护器的功能	207
4.3.3	工泰 GT—JDG6 电动机保护器的设置	210
4.4	可编程控制器的原理与维修	212
4.4.1	PLC 的硬件结构及工作原理	212
4.4.2	PLC 的编程语言	216

4.4.3	器件及器件编号	219
4.4.4	FX2N 编程指令及其功用	221
4.4.5	PLC 的安装	226
4.4.6	PLC 的应用 (电葫芦 PLC 控制电路)	228
4.5	变频器	230
4.5.1	交—直—交变频器的结构	230
4.5.2	变频器的安装	233
4.5.3	变频器的应用	235
4.6	三相低压电动机维修	238
4.6.1	常见故障判断方法	238
4.6.2	三相低压电动机的机械检修	243
4.7	低压电动机控制电路维修	246
4.7.1	低压电动机控制电路故障判断方法	246
4.7.2	三相异步电动机控制电路维修示例	253
第 5 章	安全用电与触电急救	259
5.1	电工安全知识	259
5.1.1	安全电压与安全电流	259
5.1.2	保证电工安全的组织措施	262
5.1.3	保证电工安全工作的技术措施	266
5.1.4	生活中安全注意事项	268
5.2	间接接触电击防护	270
5.2.1	IT 系统	270
5.2.2	TT 系统	273
5.2.3	TN 系统	274
5.2.4	接地装置	278
5.3	触电救护	283
5.3.1	触电的基本规律	283
5.3.2	触电救护	291
附表	常用电气图形符号	295
参考文献		308



第 1 章

基 本 知 识

1.1 电 工 基 础 知 识

1.1.1 电与磁基本知识

1. 电的概念

(1) 电子与电荷。

电荷是物质固有的一种特性。它既不能创生,也不能消灭,只能被转移,自然界不存在脱离物质而单独存在的电荷。目前发现自然界中只有两种电荷:正电荷与负电荷。正常情况下物体所带正电荷和负电荷的数量是相等的,对外界表现为不带电。只有当某种原因,使得负电荷多于(或少于)正电荷时,这个物体才表现为带电。

两个带电荷的物体之间总存在相互的作用力,同种电荷相互排斥,异种电荷相互吸引。用电量来衡量物体携带电荷的数量,用字母 Q 表示,单位可以用电子数目来表示,但实际使用时这个单位太小,我们采用库仑(C)作为电量的单位。1 库仑等于 6.24×10^{18} 个电子电荷。

(2) 电流。

电流是指导体内的自由电子或离子在电场力的作用下,有规律的流动。人们规定正电荷移动的方向为电流的正方向。

电流强度是指单位时间内通过导体截面积的电量,习惯上简称为电流。用字母 I 表示, $I = \frac{Q}{t}$, 单位为安培(A), 实际使用



中还有 kA 、 mA 、 μA 。

大小和方向都不随时间变化的电流称恒定电流，也称直流电流，又称直流电。大小和方向都随时间变化的电流称交流电流，也称交流电。

电流密度是指在单位横截面积上通过的电流大小。用字母 J 表示， $J = \frac{I}{S}$ ，单位为安培/平方毫米 (A/mm^2)。

(3) 电位与电压。

带电体周围存在着一种特殊的物理场称电场。

电荷在电场中要受到电场力的作用而发生运动，因此我们可以认为电荷在电场中具有电位能。单位正电荷在电场中某点所具有的电位能叫做这一点的电位，单位是伏特 (V)。

也就是说，在电场中任意选择一点作为参考点，单位正电荷从某一点移动到参考点时，电场力所做的功也就是电场中该点的电位。而参考点本身的电位则为零。

电场中任意两点之间的电位之差叫做电位差，也称电压，用字母 U 表示，单位是伏特 (V)。

参考点的选择是任意的，而参考点的选择对各点电位的大小是有影响的，却不影响电压的大小。在理论研究时，通常取无穷远处作为电位的参考点，在实际工作中，通常取大地作为电位的参考点，在电子设备中，通常取设备外壳作为电位的参考点。

(4) 电动势。

电动势等于电源力将单位正电荷从电源负极移动到电源正极所做的功。用字母 E 表示，单位是伏特 (V)。

2. 磁的概念

(1) 磁现象。

凡具有吸引铁、镍、钴等物质的性质称为磁性。而具有磁性的物质称磁体。

在磁体的两端各有一个磁性最强的区域，这个区域称磁极。并且同一磁体的两个磁极有着不同的性质，即磁南极 (S 极) 和



磁北极 (N 极)。在磁极之间具有“同性相斥、异性相吸”的特性。

(2) 磁场与磁力线。

磁力是指磁体之间相互吸引或排斥的力。

磁场是指磁体周围存在磁力作用的区域。

为了直观、形象地描述磁场的方向和强弱而引出磁力线的概念,并规定在磁体的外部,磁力线由 N 极指向 S 极;在磁体内部,磁力线由 S 极指向 N 极,使磁力线在磁体内外形成一条条闭合的曲线,如图 1-1 所示。在曲线上任何一点的切线方向就表示该点的磁力线方向,也就是小磁针在磁力作用下静止时 N 极所指的方向。通常用磁力线方向来表示磁场方向。用磁力线的疏密程度表示磁场的强弱;磁力线越密,磁场越强;磁力线越疏,磁场越弱。

(3) 磁通。

垂直穿过磁场中某一截面的磁力线条数,反映了磁场中这一截面上磁场的强弱。把垂直穿过磁场中某一截面的磁力线条数称磁通或磁通量。用字母 Φ 表示,单位韦伯 (Wb)。

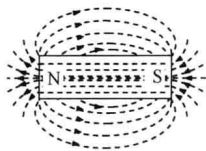


图 1-1 磁力线

(4) 磁感应强度。

单位面积上垂直穿过的磁通量,称为磁通密度,也叫磁感应强度。用字母 B 表示, $B = \frac{\Phi}{S}$, 单位特斯拉 (T)。

磁感应强度不仅有大小,而且有方向。磁感应强度的方向就是磁场的方向,也就是小磁针北极在该点的指向。

(5) 磁导率。

磁导率是一个用来表示物质磁性的物理量,也就是用来衡量物质导磁能力的物理量,用字母 μ 表示,单位亨利/米 (H/m)。

真空的磁导率为: $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ H/m}$ 。

任何一种物质的磁导率与真空的磁导率的比值,称为该物质



的相对磁导率，用字母 μ_r 表示，没有单位。

(6) 磁场强度。

磁场中磁感应强度的大小不仅与产生磁场的电流有关，还与磁场中的介质有关，为了使计算简便，通常用磁场强度来表示磁场，用字母 H 表示， $H = \frac{B}{\mu}$ ，单位安培/米 (A/m)。

磁场强度的大小与磁场中的介质无关，方向和所在点的磁感应强度方向一致。

3. 电与磁

(1) 电流的磁场。

在电流的周围存在着磁场，这种现象称为电流的磁效应。通电导体周围产生的磁场方向可以用安培定则来判断。

直导线周围磁场的方向由右手安培定则判定：用右手握住通电导体，让拇指指向电流方向，则弯曲四指的指向就是直导线周围的磁场方向，如图 1-2 所示。

螺旋管内部磁场的方向由右手螺旋定则判定：用右手握住通电线圈，让弯曲四指指向线圈电流方向，则拇指所指方向就是线圈内部的磁场方向，如图 1-3 所示。

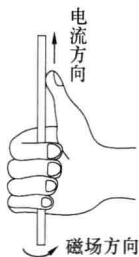


图 1-2 安培定则

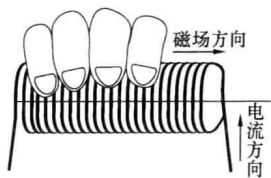


图 1-3 右手螺旋定则

应该注意的是如果导线中流入的是直流电，那么导线周围的磁场方向是固定不变的，如果导线中流入的是交流电，则磁场大小和方向将随电流方向的变化而变化。

(2) 电磁感应。



当穿过闭合回路所包围的面积中的磁通量发生变化时，回路中就会产生电流，这种现象称电磁感应现象。回路中所产生的电流称感应电流。另一种现象是：当闭合回路中的一段导线在磁场中运动，并切割磁力线时，导体中也会产生电流。

直线导体与磁场相对运动而产生的感应电动势 e 的大小与导体切割磁力线的速度 v 、导体的长度 L 和导体所处的磁感应强度 B 有关，若导体运动方向与磁力线之间的夹角为 α ，则感应电动势为： $e = BLv\sin\alpha$ 。

直线导体感应电动势的方向可用右手定则来判定：伸开右手，让拇指与其余四指垂直并在一个平面内，使磁力线穿过掌心，拇指指向切割磁力线的运动方向，四指的指向就是感应电动势的方向。如图 1-4 所示。

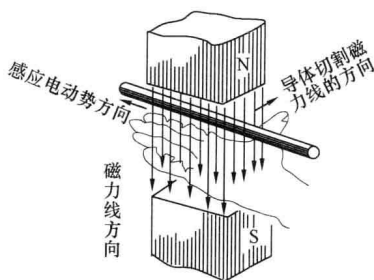


图 1-4 右手定则

线圈中磁通变化而产生
的感应电动势 e 的大小与穿过线圈的磁通变化率有关，若线圈的匝数为 N ，则感应电动势为： $e = \left| N \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \right|$ 。

线圈中感应电动势的方向由楞次定律来判定：感应电流产生的磁通总是阻碍原磁通的变化。也就是说当线圈中的磁通增大时，感应电流产生的磁通与原磁通方向相反。而当线圈中的磁通减少时，感应电流产生的磁通与原磁通方向相同。

(3) 磁场对电流的作用。

处在磁场中的通电导体会受到力的作用，这种作用称为电磁力。用字母 F 表示， $F = BIL\sin\alpha$ 。

电磁力的方向由左手定则判定：伸开左手，让拇指与其余四指垂直并在同一平面内，让磁力线穿过手心，四指指向电流方向，拇指所指方向就是通电导体所受到的电磁力的方向，如图

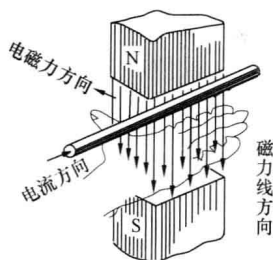


图 1-5 左手定则

1-5 所示。

1.1.2 电路

1. 单相电路

(1) 电路。

电路是指电流通过的路径。一个完整的电路由电源、负载、输电导线和控制设备组成。对电源来讲，负载、输电导线和控制设备等称为外电路。

电源内部的一段称为内电路。

电路的工作状态分为通路、断（开）路和短路三种。

(2) 电流正方向。

习惯上规定正电荷运动的方向（即负电荷运动的方向）为电流的方向。但在分析较为复杂的电路时往往难于事先判断某支路中电流的实际方向，因此，常可任意假定一个方向作为电流的正方向，或者称为参考方向。当电流的实际方向与其正方向一致时，则电流为正值。当电流的实际方向与其正方向相反时，则电流为负值。

电流的正方向在电路图中，一般用箭头表示，箭头的方向就是电流的正方向。也可用双下标表示，如 I_{ab} 表示电流的正方向由 a 点指向 b 点。

电压、电动势和电流一样，也同样具有方向，电压的方向规定为由高电位端指向低电位端，也就是电位降低的方向。电源电动势的方向规定为电源内部由低电位端指向高电位端，也就是电位升高的方向。在电路分析中，电压、电动势的正方向也是可以任意规定的，正方向的表示方法与电流的正方向表示方法完全相同。

(3) 电阻。

导体能导电，同时对电流有阻力作用，这种阻碍电流通过的能力称为电阻，用字母 R 或 r 表示，单位为欧姆（ Ω ）。常用单位还有千欧（ $k\Omega$ ）、兆欧（ $M\Omega$ ）。



当温度一定时导体的电阻不仅与它的长度和横截面积有关,而且与导体材料自身的电阻率有关,电阻率又称为电阻系数,是衡量物体导电性能好坏的一个物理量,用字母 ρ 表示,单位为欧姆·米 ($\Omega \cdot \text{m}$)。其数值是指导体的长度为 1m 、截面积为 1mm^2 的均匀导体在温度为 20°C 时所具有的电阻值,可见 $R = \rho \frac{L}{S}$ 。

表示物质的电阻率随温度而变化的物理量,称为电阻的温度系数。其数值等于温度每升高 1°C 时,电阻率的变化量与原来的电阻率的比值,用字母 d 表示,单位为 $1/^\circ\text{C}$ 。

(4) 电阻串联。

将两个以上的电阻元件顺序地连接在一起,构成一条无分支的电路,称为串联电阻电路,如图 1-6 所示。

在串联电阻电路中有以下特点。

1) 串联电阻电路中的等效电阻等于各个串联电阻之和,即

$$R = R_1 + R_2$$

2) 串联电阻电路中流过每个电阻的电流都是相等的,并且等于总电流,即

$$I = I_1 = I_2$$

3) 串联电阻电路的总电压等于各个串联电阻两端电压之和,即

$$U = U_1 + U_2$$

4) 串联电阻电路中的各个电阻上所分配的电压与各自的电阻值成正比,即

$$U_i = IR_i$$

(5) 电阻并联。

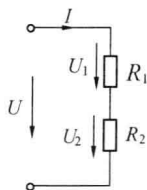


图 1-6 串联电阻电路

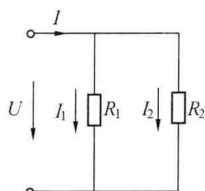


图 1-7 并联电阻
电路

将两个以上的电阻元件都连接在两个共同端点之间，构成一条多分支的电路，称为并联电阻电路，如图 1-7 所示。

在并联电阻电路中有以下特点。

1) 并联电阻电路中各个电阻两端的电压都是相等的，并且等于总电压 U ，即

$$U = U_1 = U_2$$

2) 并联电阻电路的总电流等于各个并联电阻两端电流之和，即

$$I = I_1 + I_2$$

3) 并联电阻电路中的等效电阻的倒数等于各个并联电阻的倒数之和，即

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

4) 并联电阻电路中的各个电阻上所分配的电流与各自的电阻值成反比，即

$$I_i = \frac{U}{R_i}$$

(6) 欧姆定律。

在一段电路中，流过该段的电流与电路两端的电压成正比，与该段电路的电阻成反比，表示为

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

欧姆定律是不含电源的电路情况，在实际工作中电源 E 的内电阻 r_0 有时是不可忽略的，这时欧姆定律可以写为

$$I = \frac{E}{R + r_0}$$

我们把这个公式称为全电路欧姆定律。

(7) 电感。

当交流电流流过线圈时，交变的电流将在线圈中产生变化的磁场，这一变化的磁场同时又在线圈自身产生感应电动势，这一现象叫作自感现象。



穿过线圈的磁通与产生磁通的电流之间的比值，叫作线圈的自感系数，简称自感。用字母 L 表示，单位为亨利 (H)。

两个相互靠近的线圈，当其中一个线圈的电流变化，引起穿过另一个线圈的磁通量跟着变化，从而在另一个线圈中产生感应电动势的现象，叫作互感现象。由第一个线圈的电流所产生而与第二个线圈相关联的磁通，同第一个线圈的电流的比值，叫作第一个线圈对第二个线圈的互感系数，简称互感。用字母 M 表示，单位为亨利 (H)。

通常把自感和互感统称为电感。

当电感线圈两端加上交流电压时，就有交流电流通过，电感线圈中将产生自感电动势，从而阻碍电流的变化，所以电感线圈中交流电流的变化总是滞后于交流电压的变化。电感阻碍交流电流通过的这种作用称为感抗，用字母 X_L 表示， $X_L = 2\pi fL$ ，单位欧姆 (Ω)。

交流负载中只有电感的交流电路称为纯电感电路。纯电感电路中，加在电感上的交流电压超前于流过电感的电流 90° 。并且它们之间的关系在数值上也满足欧姆定律。

(8) 电容器。

电容器是存储电荷的容器。由绝缘介质隔开而又相互邻近的两块金属板或金属片构成。电容器存储电荷的能力用电容量来表示，简称电容。用字母 C 表示，单位法拉 (F)，实际应用中还有微法 (μF) 和皮法 (pF)。

电容阻碍交流电流通过的作用称为容抗，用字母 X_C 表示， $X_C = \frac{1}{2\pi fC}$ ，单位欧姆 (Ω)。

交流负载中只有电容的交流电路称为纯电容电路。纯电容电路中，加在电容上的交流电压滞后于流过电容的电流 90° 。并且它们之间的关系在数值上也满足欧姆定律。

我们把感抗与容抗之和称为电抗。把电阻与电抗之和称为阻抗，用字母 Z 表示