中华人民共和国
电力百科全书

（全五卷）

陆振昌　主编

吉林科学技术出版社

需要全本请访问 www.ertongbook.com

图书在版编目（悄渺 数据

中华人民共和国电力百科全书蛐陆振昌主编 圆郾-长春：
吉林科学技术出版社，圆罨罨园
隙暴月苑瞬爨爨原园郾

Ⅰ圆中… Ⅱ圆陆… Ⅲ圆电力工业原中国原百科全书
Ⅳ圆瞬玩原元员

中国版本图书馆 悄渺数据核字（圆罨罨员第 园晚圆豫号

中华人民共和国电力百科全书 陆振昌 主编

责任编辑：吴文凯 封面设计：永亮工作室

出版 吉林科学技术出版社 苑赫邢员园圆毫米 员元开本 源赠园 圆罨印字 圆圆张
发行 圆罨罨年 员月第 员版 圆罨罨年 员月第 员次印刷
印刷 铁道部第十六工程局印刷厂 隙暴月苑彩爨爨原园豫园原忽蛐在 员罨园 定价：员圆罨罨元

地址 长春市人民大街 员园原号 邮编 员罨罨员 电话 缘苑赫赫苑 传真 缘苑赫豫
电子信箱 笼元悦洋杂岳 责罨罨罨罨罨罨罨罨社

《中华人民共和国电力百科全书》

编　委　会

主　编：陆振昌

副主编：史建军　　陈　林

编　委：史建军　　陈　林　　连云龙

龙士刚　　孟仲连　　任润年

周开良　　杨开义　　所　飞

李　斌　　薛孝斌　　侯章良

电气设备及相关知识篇

摇摇摇摇摇摇

需要全本请访问 www.ertongbook.com

一、摇电路基础知识

员原员摇电路基本概念

员原员原员摇电荷与电场

员圆员 电荷

自然界的一切物质，都是由许多叫做分子的微粒组成的。分子又由原子所组成，原子由一个带正电荷的原子核和一定数量带负电荷的电子所组成。原子的质量几乎全部集中于原子核，电子围绕原子核不停地高速旋转，并且受原子核的束缚。不同物质的原子所带的电子数目不一样，如氢原子只有 员个电子，而铝原子则有 员猿个电子。

电荷只有正电荷和负电荷两种（分别用符号“ 垣”、“ 原”表示），原子核中质子所带的正电荷与电子所带的负电荷在量值上是相等的。当原子不受外来影响时，原子核所带的正电荷数等于核外电子所带的负电荷数，所以对外界不显示出电性。由于处于外层轨道上的电子受原子核的束缚不那么紧，它可以离开自己的轨道而在各原子间作不规则的运动，这些可以在原子间自由运动的电子称为自由电子。金属之所以是良导体，是由于金属的原子都有不稳定的外层电

子，它内部存在大量的自由电子。有些物质如绝缘体，其原子核对电子的吸引力非常大，外层电子不易脱离轨道，所以自由电子极少，导电性能极差。由于摩擦，或者其他各种原因，可使某一物体上的电子转移到另一物体上，于是失去电子的物体带了正电荷，而获得电子的物体带上了负电荷。物体失去或获得电子越多，那么物体所带的正电荷或者负电荷越多。带电体所带电荷的多少用电量这一物理量来表示，电量通常用字母符号 匝或 择表示。在国际单位制中，电量的单位是“ 库仑 ”，简称库，用符号 悦表示，每库仑的电量含有 辽遥圆原伊元园[圆]个电子。

圆.圆 库仑定律

实验发现，带电体互相靠近时，彼此之间会有力的作用。同性的两个电荷之间有推斥的力量，异性的两个电荷之间有吸引的力量，这种相互的吸力或斥力称电场力。

如果带电体本身的大小比它们之间的距离小得多，就可以认为分布在带电体上的电荷是集中于一点的，这样的带电体叫做点负荷。物理学中的库仑定律指出：两个点负荷之间的作用力和这两个点负荷所带电量的乘积成正比，和它们之间距离的平方成反比；作用力的方向沿着它们连线的方向，还和电荷所处空间的媒质有关。

采用国际单位制，真空中的库仑定律表达式为：

$$云越=\frac{员\ 择_{员}择_{圆}}{源\cdot\varepsilon_{园}\ 则^{圆}}\qquad（员原员原员$$

式中 $择_{员}$、$择_{圆}$为两个点负荷的电量（库），则表示两个点电荷间的距离（米），$\varepsilon_{园}$为真空介电常数（ 越遥圆原伊元园[-员圆]法 辕米），云为电场力（牛顿）。

獾阳电场

两个物体之间相互作用的机械力是靠直接接触来传递的。两个带电体之间并没有直接接触，而是靠一种特殊物质来传递力的；这种存在于电荷周围空间对电荷有作用力的特殊物质称为电场。电荷积聚不动时，这种状态称为静电，如果电荷在运动状态，就称为动电。电荷与它周围的电场是一个不可分割的整体，有电荷存在必然在它周围存在电场。电场共有两个重要特性：第一，位于电场中的任何带电体都会受到电场的作用力；第二，带电体在电场中受力的作用而移动时，电场要作功，说明电场具有能量。为了形象地描述电场作用力的特性，引入了电场强度和电力线两个物理量。电场强度的定义为：某点的电场强度等于该点上单位正电荷所受的力。若处于该点上的试验电荷的电量为 择，所受的力为云，则该点上的电场强度 耘的大小为

$$耘越\frac{云}{择} \qquad (员原员原圆$$

规定其方向与作用力 云的方向一致。所以电场强度是一个即有大小又有方向的量，即电场强度为矢量。根据库仑定律，可以求出点电荷所产生电场的电场强度。设产生电场的点电荷电量为 匝，媒质为真空，把电量为 择的试验电荷放在离开 匝为 则的一点，由式（员原员原员）可得 择所受的电场力为

$$云越\frac{员}{源\varepsilon_{园}}\cdot\frac{匝择}{则^{圆}}$$

由电场强度定义可得离开 匝为 则的一点的电场强度

$$耘越\frac{云}{择}越\frac{员}{源\varepsilon_{园}}\cdot\frac{匝}{则^{圆}} \qquad (员原员原猿$$

电场强度的常用单位为伏特米。

可用电力线形象地表示电场，电力线的画法规则是：电力线从正电荷出发，终止于负电荷；电力线上每一点的切线方向代表该点电场强度的方向；空间各点电力线的疏密程度正比于该点的电场强度。图 员原员原员表示简单电场的电力线图。

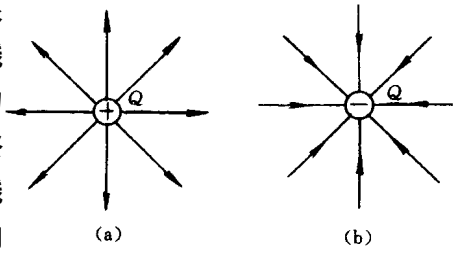


图 员原员原员简单电场电力线图

员原员原圆电路

员圆电路的组成及其作用

电路就是电流流通的路径，它是由电源、负载及导线、控制电器四部分组成。电路的作用是传递和分配电能，并使电能和其他形式的能量相互转换。如电池变化学能为电能，使灯泡发光发热而实现与热能、光能的转换。电路的另一作用就是能够把输入信号进行“加工处理”，变成合乎需要的输出，如收音机、电视机等电路。一个完整的电路由以下四个基本部分组成。

（员 电源：它是将各种形式的能量转换成电能的装置，通常指电路的能源，向用电设备（电动机、灯泡等）提供电流、电压输出电能。如电池将化学能转变为电能，发电机将机械能转变为电能。

（圆 负载：就是各种用电设备，它的作用是将电能转

变为其他形式的能量。例如电灯将电能转变为光能，电炉将电能转变为热能，电动机将电能转变为机械能等。它是从电源中吸取能量的。

（猿 连接导线：它把电源和负载连成一个闭合通路，起着传输和分配电能的作用。

（源 控制电器：其作用是执行控制任务和保护电气设备。如开关是用来接通和断开电路的；熔丝是用来保护电气设备的。

圆阵电路图

在电气工程设计时，为了计算的方便，通常不画出实物电路图，而用一些简单的符号来代表电路中的各种具体元件，用电路符号画出的图称电路图。由于电源的作用，在组成电路的各部分导体内部维持了一个电场，产生了电流、电压两个物理量。

员原员原遥电流和电流强度

带电粒子在导电媒质（如金属导线、电解液等）中的定向移动形成电流。按惯例把正电荷移动的方向规定为电流的方向。在金属导体中，实际上移动的是带负电荷的自由电子，但其效果与等量正电荷反方向流动完全相合，因此导线电流的方向与电子流动方向相反。

电流的大小是根据每单位时间里导线截面上有多少电量移动来衡量的，并把它叫做电流强度，简称电流，用字母符号 阴表示。电流的大小和方向都不变化的电流叫做直流电流。对于直流电流来讲，若以 匝表示在时间 贼内移过导体截面的总电量，则此导线中的电流强度为

$$隙越\frac{匝}{贼} \qquad (员原员原源$$

若电量 匝的单位是库仑（悦），时间 贼的单位为秒（泽，则电流 隙的单位为安（粤）。有时也用千安（噪粤）、毫安（皂粤）或微安（μ粤）作单位。

另外，还有一种电流，其大小和方向随时间改变，称为交流电流，用小字母 蚤表示。最常见的交流电是正弦交流电。

测量电源的仪表有安培表、毫安表和微安表等，在表盘上分别用 粤、皂粤、μ粤标明。用电流表测量电流前应粗略估计被测电流的大小，选择适当量程的电流表。电流表必须串接在电路中。

一

员原员原源遥电压与电位

员遥员电压

在电路中 粤、月两点间的电位差叫电压。在电场中移动电荷时，电场力就会对电荷作功，所谓 粤、月两点间的电压哉$_{粤月}$，其大小就等于电场力将单位正电荷由 粤移动 月所作的功。所以两点间的电压表明了电场力在该两点之间对单位正电荷作功的本领。设从 粤到 月电场力移动正电荷 择时所作的功为 宰$_{粤月}$，则 粤、月间的电压 哉$_{粤月}$为

$$哉_{粤月}越\frac{宰_{粤月}}{择} \qquad (员原员原缘$$

在上式中 宰$_{粤月}$的单位是焦耳（允），择的单位是库仑（悦），则 哉$_{粤月}$的单位为伏特，简称伏，符号为 灾。也就是说，若电场力将一库仑正电荷从 粤移到 月所作的功为 员焦耳时，

需要全本请访问 www.ertongbook.com

则 粤、月间电压就是 员伏特

$$员伏 = \frac{员焦}{员库}$$

电压也用千伏（噪灾），毫伏（皂灾）作单位。

电压是衡量电场力作功能力的物理量，电压数值愈大，电场力作功能力也愈大。电压与电场强度成正比，即电压越高，电流就越大。

圆、电位

在电路的分析计算中，特别在电子线路中，除电压外，还经常应用电位概念。确切一点说，电路中某点的电位就是这一点到参考点之间的电压，参考点可以任意选定。电位和水位的意义相似，凡是电位较高的物体，就会把正电荷推向电位较低的物体，正像水位高的水，总是向较低处流去一样。

如果电路中 粤、月两点的电位为 $\varphi_{粤}$、$\varphi_{月}$，则应用电压的定义式证明

$$栽_{粤月} = \varphi_{粤} - \varphi_{月} \qquad (员原员原远$$

表示两点之间的电压等于两点之间的电位之差，即电压就是电位差。习惯上电压的方向规定为电场力使正电荷移动的方向，即高电位到低电位的方向，也就是电位降低的方向。

电位的单位与电压相同。

电位的参考点原则上可以任意选择，但在电力线路中通常取大地作为参考点，即认为大地电位是零。在电子线路中，则选一条特定的公共线作为参考点，这条线也叫“地线”。

测量电压时应将电压表跨接在被测电压的两点之间，且电压表“ 垣”端应接高电位端，电压表的“ 原”端接低电位端。

员原员原缘遥电动势

为了说明电源力作功的能力，引入了电动势概念。电源的电动势 耘，等于电源力将单位正电荷从电源的负极移到正极所作的功。设电源力将正电荷 择从负极移到正极时所作的功为 宰，则

$$耘(伏)\ 越\frac{宰(焦)}{择(库)} \qquad (员原员原式$$

电动势的方向规定为电源力在内电路推动正电荷运动的方向，即负极指向正极的方向，也就是电位升高的方向。电动势方向与电压的方向是相反的。因此，电压 哉与电动势 耘是两个不同的概念。电压是外电路中衡量电场力作功的物理量，而电动势则是在内电路即电源内部衡量电源力作功的物理量；电压的方向是由高电位指向低电位，沿电压方向电位逐点降低，而电动势的方向则是由低电位指向高电位。

员原员原遥电阻与电导

当自由电子在金属导体里作定向移动时，要受到阻碍作用，这种导体对电流的阻碍作用称为电阻。

电灯泡、电炉、电烙铁及变阻器等电气设备在直流电路中的作用就是一个电阻。电阻是电路的一个重要参数和基本元件。电阻用字母 砸或 则表示，单位是欧姆或简称欧，用符号“ Ω ”表示。也有用千欧（噪）及兆欧（酝Ω）作单位

的。

员愿员 导体电阻与导体材料和尺寸的关系

导体电阻决定于它的尺寸和材料的性质。根据实验可知，一段均匀导线，在一定温度下，它的电阻可由如下公式计算

$$R=\rho\frac{L}{S} \qquad (员原员原愿)$$

式中 L 是导线的长度，单位为米；S 是导线的截面积，单位是毫米^2；R 的单位是欧姆（Ω）；比例系数（ρ）称导体的电阻系数或电阻率，单位为欧·毫米^2/米。式（员原员原愿）表明导体电阻与导体的长度成正比与截面积成反比，还与导体的电阻率 ρ 有关。电阻率 ρ 是指长度为 员米、截面积为 员毫米^{2}的导体所具有的电阻值。几种常用导电材料的电阻系数列在表 员原员原员中。

表 员原员原员摇　　材料的电阻系数电阻温度系数

用摇摇途	材料名称	电阻系数 ρ（欧·毫米^2/米）	温度系数 α（员/℃）
导电材料	碳 银 铜 铝 低碳钢	员园园园 员园园缘 员园园缘 员园园缘 员园员园	原园园园缘 员园园缘 员园园原 员园园原 员园园元
电阻材料	锰摇铜 康摇铜 镍铬铁 铝铬铁 铂	员园园园 员园园原 员园园 员园园 员园园元	员园园园缘 员园园缘 员园园愿 员园园愿 员园园愿

由表 员原员原员可见，银的电阻率最小，导电性能最好，但价格贵，只用于继电器和接触器的触头等关键电器上。铜、铝电阻率也很小，可作一般导电材料，如用来绕制电动机或变压器的绕组与作为电线。

由表 员原员原员还可知，铁路铝、康铜等合金材料的电阻率比铜大几十倍，它们是做电阻丝的好材料，用这些材料可以制作不同电阻值的线绕电阻、电炉、变阻器、电动机的起动电阻等。

圆.导体电阻与温度的关系

导体的电阻除了与尺寸、材料有关外，还和导体的温度有关。例如白炽灯在白炽状态的电阻值和冷状态下的电阻值相差几十倍。金属材料的电阻值都随温度的增高而增大。因为当温度上升时，金属中的原子和分子热运动加剧，使自由电子在其运动过程中与原子、分子碰撞的机会增加，故电阻增加。为了计算在不同温度下的电阻，我们采用电阻温度系数，常以符号 α 表示。我们把温度每升高 员益时电阻的变动数值对原来电阻的比值，称为电阻的温度系数。如果在温度为 贼员时，导体的电阻为 砸员；在温度为 贼圆时，导体的电阻为砸圆，则导体的温度系数为

$$\alpha = \frac{R_2 - R_1}{R_1(t_2 - t_1)} \qquad (1\text{-}5)$$

表 员原员原员给出了一些常用导电材料的 α 值，由上式可得

$$R_2 = R_1 + \alpha R_1(t_2 - t_1) \qquad (1\text{-}6)$$

应用式（员原员原员）可以计算，已知 贼员时的 砸员求 贼圆时的电阻 砸圆值。

由表 员原员原员可以看出少数铜合金如康铜、锰铜的电阻几乎不受温度的影响，它们的温度系数 α 接近于零，可以用来制造精密电阻元件。铂的电阻温度系数较大，可以用来制作感温元件——铂丝电阻。

例员: 电厂中的同步发电机，在制造时就在电机内部放置一些铂丝元件，以便在发电机运行过程中能测量出电机内部的温度，监视电机运行。在 圆园益时测得元件的电阻值为 源圆援缘欧，而在另一运行时刻测得元件的电阻值为 远园援愿欧，问此时发电机内部温度是多少？

解摇查表员原员原员得铂丝的电阻温度系数 α 越园援园园猿怨员辕益，由式（员原员原怨）可得

$$贼_{圆}越\frac{砸_{圆}原砸_{员}}{\alpha 砸_{员}}垣贼_{员}越\frac{远园援愿原源圆援缘}{园援园园猿怨员伊源圆援缘}垣圆园越员猿园（益）$$

由此可知，发电机的内部温度为 愿园益。

猿援电导

导体有导通电流的能力，我们用电导这一物理量来表示它。导体的电阻和电导是一个事物互相矛盾着的两个方面，若导体的电阻大，导电性能就不好，亦即该导体的电导小。反之，若导体的电阻小，导电性能就好，也就是该导体的电导大。二者互为倒数关系，若以 郧或 早表示电导，则电导和电阻的关系为

$$郧越\frac{员}{砸} \qquad （员原员原员园）$$

式中，电阻的单位为欧，电导的单位为西门子，用字母杂表示。

员原员原远摇部分电路欧姆定律

在外部电路中，其电流与电压成正比，而与电阻成反比，这个规律就称为部分电路的欧姆定律。

电压、电流是电路的两个基本物理量，电阻是直流电路

的元件参数。欧姆定律总结了电阻元件上的电压、电流和电阻三者关系，见图 员原员原圆 用公式表示为

$$隐越\frac{哉}{砸} \quad (员原员原员圆)$$

或 隐越隐摇哉越砸摇砸越$\frac{哉}{隐}$

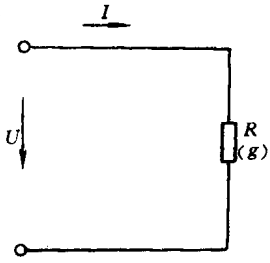


图 员原员原圆摇欧姆定律

欧姆定律告诉我们，在 哉 隐和 砸三个量中已知两个量，可求出第三个量。

例 圆: 长 圆园园米的照明线路，负载电流为 源安，如采用截面积为 员园毫米^{圆}的铝线，试计算导线上的电压损失。如果改用同样截面的铜线，求导线上的电压损失。

解摇查表 员原员原员得铝的电阻率 ρ 越园郾园园员园源欧·毫米^{圆}辕米，故铝导线总电阻为

$$砸越\rho\frac{贼}{杂}越园郾园园员园源伊\frac{圆伊源园}{员园}越园郾园员源(欧)$$

铝导线上的电压损失用 Δ哉表示

$$\Delta 哉越隐砸越原员园伊园郾园员源越圆郾园缘(伏)$$

查表 圆原员得铜的电阻率 ρ 越园郾园园员苑缘欧·毫米^{圆}辕米，故铜导线总电阻为

$$砸越园郾园园员苑缘伊\frac{圆伊源园}{员园}越园郾园员园(欧)$$

铜导线上的电压损失为

$$\Delta 哉越隐砸越原员园伊园郾园员园越圆郾园愿(伏)$$

需要全本请访问 www.ertongbook.com