

科学普及出版社
工业技术知识小丛书

电工问答

[英] K.G. 杰克逊 著



7

内 容 提 要

本书用问答的形式生动地向读者讲解发电机和电动机的原理、种类及其应用范围,配电方法,各种输电线的容量,电网的基本知识,照明线路安装法,各种电池的原理及用途以及电解在工业生产中的作用等;以较少的篇幅高度概括了各行各业中的电工应掌握的基本知识。

本书内容介于理论读物和实用手册之间,既讲简明的原理,又有大量实用常识,因此特别适合青工考核时阅读参考,也可供管理干部、技工学校与职业学校的学生及其他读者参考。

Question & Answers

Electricity

K. G. Jackson

Newnes Technical Books 1977.

工业技术知识小丛书

电 工 问 答

[英] K. G. 杰克逊 著

孟文晋 译

责任编辑: 朱桂兰

封面设计: 王序德

*

科学普及出版社出版(北京白石桥紫竹院公园内)

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

中国科学院印刷厂印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/32 印张: 3 字数: 65 千字

1981年12月第1版 1981年12月第1次印刷

印数: 1—127,000 册 定价: 0.28 元

统一书号: 15051·1001 本社书号: 0113

序 言

掌握电的知识和应用是大多数科学与技术所共同面临的问题。但我们通常却非常缺乏应用方面的训练。我们离开学校时,经常被抽象的方程和一知半解的原理弄得发呆,但又觉得,我们的周围世界都环绕着非常实际的机器,而要想正确地使用这些机器,就需要按照严格的规律操作,并清楚地了解它们的原理。

本书的目的是为基础电学中那些最可能碰到的问题提供一个引导,并对这些主要方面给出一个全貌,以便帮助读者了解它们彼此间相互依赖的关系。这里假定读者以前是很少有这方面的知识的。作者试图把本书写成介乎于理论论述和技术员手册之间的读物。希望它对于打算从事某些电工工作的青年读者和在另外领域中工作的并渴望得到一些有关这方面知识的工人,都应该是既有趣又有用的。

所有电学的边缘领域,要使它们都有详尽的论述这个要求在一本这样篇幅的书中是达不到的,所以我们就将注意力集中在基本原理和应用上。

在回答关于直流电和交流电的基础问题之后,还有关于发电和配电的章节。此后就是应用于电热和照明、直流与交流电动机的问答。最后一节是讨论作为电源和用电的电解作用。每一节,最后都适当地谈及有关该特定课题最新情况的问题。

作 者

目 录

一、导言	1
二、电流	9
三、发电	25
四、配电	38
五、电热与照明	49
六、电动机	59
七、电解作用	75
附录	86

一、导 言

电荷是什么？

电荷是物质的基本性质之一。一切物质，归根结蒂都由原子构成，每个原子都包含一个原子核，核由质子和中子组成，核外围绕着在轨道中运行的一些电子。原子核中的质子数目决定着原子的性质。如果只有一个质子，那么这个原子就是氢；如果有二十九个，这个原子就是铜；如果有九十二个，这个原子就是铀。每个质子都带有一个单位电荷。原子核的总电荷，与围绕着原子核的电子的电荷性质相反。如果原子处于平衡态，则质子和电子的数目是相等的，每个电子所带的电荷与质子带的电荷大小相等，符号相反。我们将质子带的电荷称为正电荷，而电子带的称为负电荷。中子是不带电的，它们在原子核中只影响原子的质量。

图1表示一个铜原子，它带有二十九个在轨道中运行的电子；它们的轨道在原子核周围形成四个“壳”，最外层的“壳”只含有一个电子。

原子科学家判明，除质子、电子、中子外，还存在着许多其它亚原子粒子，新的粒子仍在不断发现。可是，这里所阐述的全是我们在普通电学理论中所碰到的基本粒子。

电流是什么？

电流是电荷的流动，在某些物质的原子中，全部电子都被紧紧地束缚在原子核上；而在另一些物质的原子中，将电子束缚在原子核上的力则不那么强，因此在离原子核较远轨道中的电子就可以脱离轨道，在物质中无规则地移动。

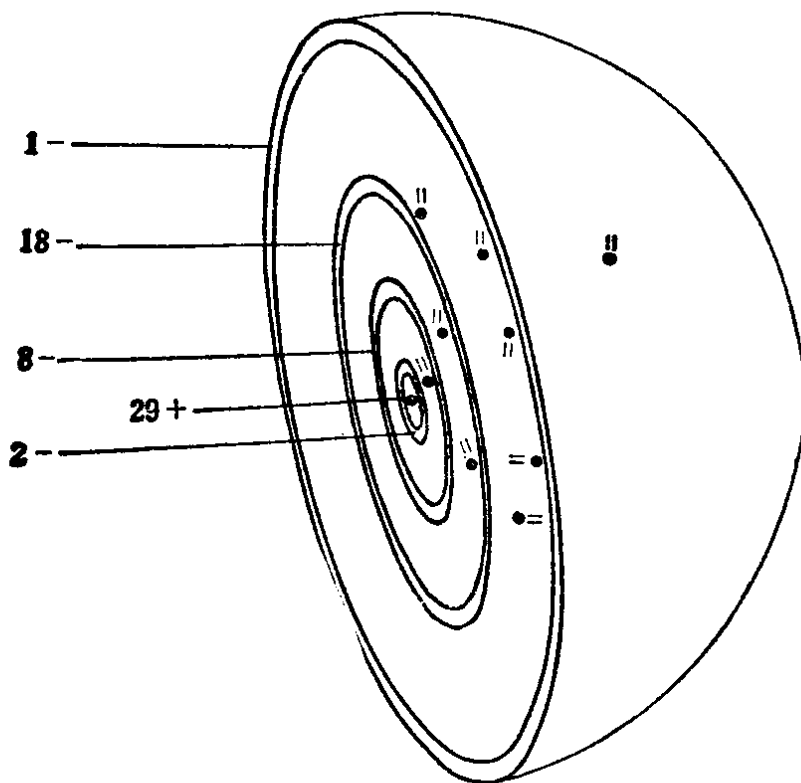


图1 铜原子模型的横截面。铜原子最内层有两个电子沿轨道运行,第二层有八个,第三层有十八个,第四层有一个价电子。原子核包含二十九个质子和三十个中子。

图1中铜原子最外层轨道中的电子,可以很容易地离开它原来的原子。实际上,在一块铜中,通常存在着大量的自由电子。

原子在失去一个或多个电子后,就带有多余的正电荷,称为电离了。电子当然就表现为孤立的负电荷。可以存在许多自由电子的物质称为导体,电子被紧紧束缚在原子上的那些物质就是绝缘体。

如果导体中的自由电子被激发着向同一方向运动,人们就说电子的运动形成了电流。

什么使电流流动?

如果在导体棒的一端施加某种形式的电引力,棒中的电子就会朝那端流去。电引力可以是电池的一个极。 比如说,

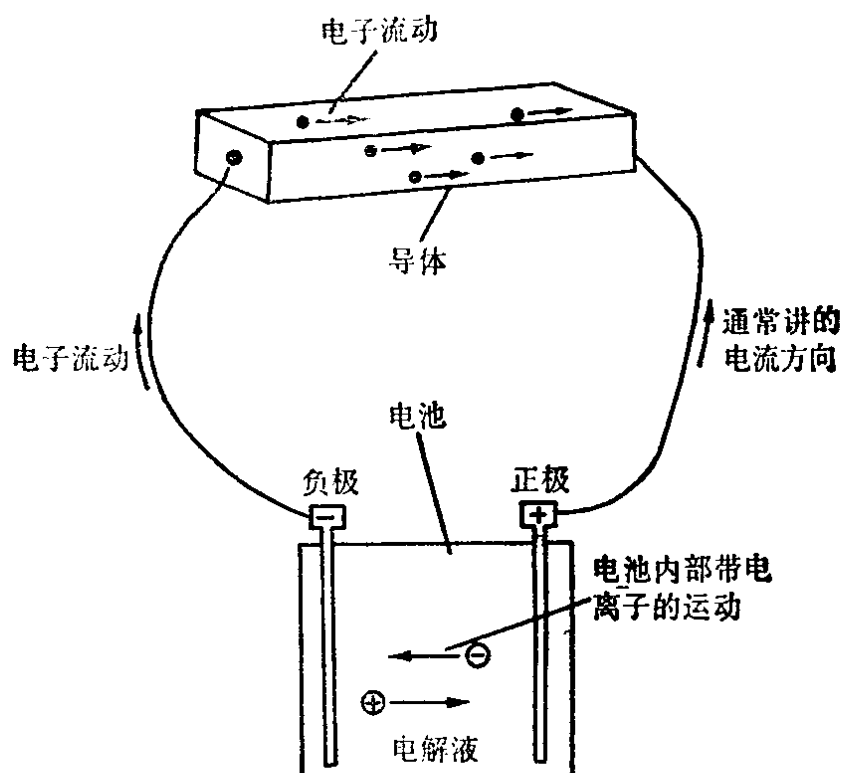


图 2 电子在导体和电池中的流动

把电池的两极用一根铜棒连接起来，带负电荷的电子就会被吸引着向正电极流去，如图 2 所示，由电池的负极不断补给自由电子。

如果不用电池，而是使导体切割磁场也可以引起电子的流动，正象在发电机或电动机里那样。其它产生电流的方法包括热能(在热电偶中)和光能(在光电池中)的利用，这些电流源在第三章中还要进一步讨论。

电流向哪个方向流动？

电现象的早期研究者不知道是电子在流动，他们假定电流是从正端流向负端。这就是通常讲的电流方向。实际的电子流动当然是沿着相反的方向，从负端到正端。我们应当注意区别“通常讲的电流”和“电子流”的流动。

静电是什么？

如果电荷不运动，即不形成电流，而集中在某处，就形成

了静电。两个物体之间的摩擦，常常会使电子从一个物体转移到另一个物体，这样，一个物体就获得了负电，而另一个获得了正电。（在整个系统里并没有增加或减少电荷。一个物体上的正电荷与另一个上的负电荷数值相等而符号相反。）

如果物体之一是用绝缘材料制成的，那么电子就不能通过它漏走，那么，这电荷就只得保留在它的表面上了。例如，用一块亚麻布手绢用力摩擦一支塑料钢笔，钢笔就会获得可以吸引住小纸片的负电荷。纸的表面获得相反的正电荷，将纸片拉向钢笔。静电荷的行为有些象磁极；相同的电荷互相排斥，相反的电荷互相吸引。

最早的电源就是利用钢笔和手绢摩擦的原理而工作的摩

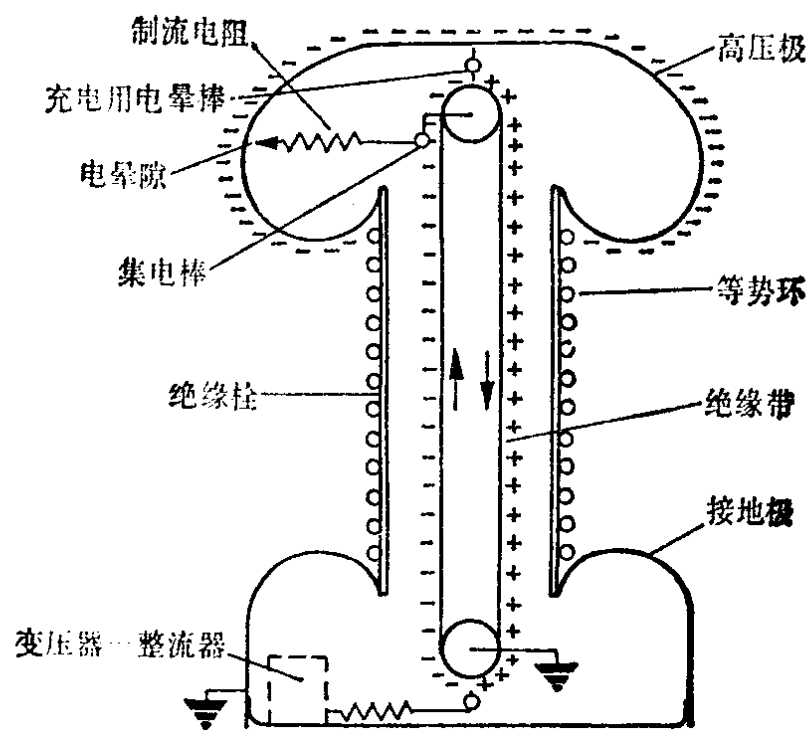


图 3 示出了范德格拉夫 (Van de Graaff) 起电机的原理。
这是一种现代形式的静电发电机，可以积累大量的电荷。

擦起电机，而且直到十八世纪末，人们所知道的电的形式还只有静电。如果谁碰一下带负电的绝缘体，电荷就会通过他的

身体流入地球,形成一个小小的电流。

闪电是什么?

在一定的气候条件下,雷雨云会带上静电。汹涌的气流使雨滴和冰晶在云层内部左右颠簸,它们之间的摩擦就产生了堆积在云层底部的静电荷。这电荷(一般说是负的)使云层下面的地球感生相反的电荷,当它们之间的电势达到几百万伏时(见第二章),就通过云层和地球间的雷击进行放电。

避雷针是怎样工作的?

避雷针的作用是为使电荷泄放到地球提供一条通道。它的形状和安装位置应使雷击更容易被吸引到它这里,而不是到附近的其他物体。

头顶上云层中的负电荷在避雷针中感生出正电荷。针的顶端很尖,电荷集中在顶端并将上部空气电离。如果被电离了的空气接触到了云层,它就会使电荷漏掉,从而避免发生雷击。

如果雷击果真打下来了,避雷针(避雷针应该用粗铜电缆连到埋在地下一个铜板上)就会将雷击安全地引走。

电容器是什么?

电容器是一种储存电荷的装置。它的基本型式由绝缘介质(如空气)分隔开的两个金属板构成。图4示出了电容器的基本型式及其变种,其中包括一个空气介质平板可变电容器和一个卷筒式电容器。如果把电池的正极接到电容器的一个极板,负极接到另一个极板,这时电荷就积累在两极上。在电池接通的瞬间,在连接线中存在一个短暂的电流,直到电容器充好了电。电容器储存电荷的容量(以法拉量度)可以由增大极板的面积、将极板靠得更近或变更极板间的介质材料来达到。

用哪些材料做介质?

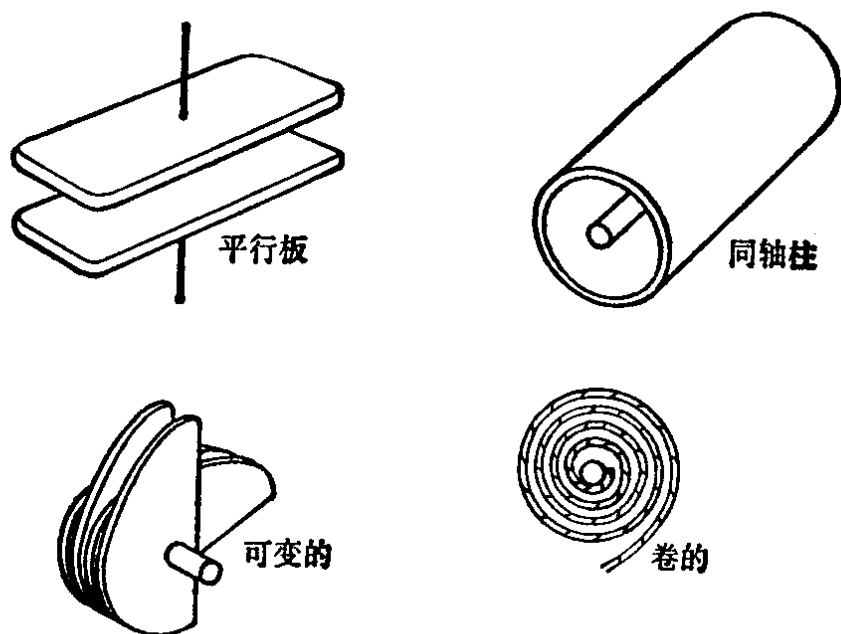


图 4 电容器的几种类型。卷筒式的结构，有两层金属箔，中间隔以介质，用做小接收机里的电容器和大功率设备里的器件。

收音机和电子设备使用的小电容器，常用的介质材料有陶瓷、云母或塑料，更大的电容器还用纸或空气做介质。电解电容器在极板上有一层由电解(见第七章)形成的薄氧化膜做为介质，这种电容器的电容相对于其体积来说是很大的。在工业上用的大负载的电容器，通常使用油浸纸介质。

材料的“介电常数”是什么？

材料的介电常数是由于物质在电场的作用下发生极化，而使其中的电场强度减弱的程度的一个量度。在数值上，它是把这材料放在两极板间做为介质时与同样的极板在真空中处于同样间隔时的电容的比值。有时人们称之为相对介电常数，对处于一定物理状态下的一定材料，其相对介电常数是恒定的。

单位立方体的材料的电容，是材料的绝对介电常数。它在数值上等于材料的相对介电常数和真空的绝对介电常数的

乘积。

云母的介电常数近于 7, 纸的介电常数近于 6, 氧化钽的介电常数差不多是 11, 而有些陶瓷材料可以高于 15000。

哪些材料是绝缘体?

好的电绝缘体包括空气、玻璃、纸、干木材、陶瓷、云母、石棉、绝大多数的塑料和橡胶。纯水是不导电的、但水中若溶解一点杂质, 如酸性或碱性物质, 它就变成了电解质, 即一种导电液体(见第七章)。

一些绝缘材料的性能见附录。

哪些材料是导体?

任何含有大量自由电子的材料都是导体。好的电导体包括铝、黄铜、紫铜、金、铅、水银、白金、银和锡。人们经常用退过火的紫铜做电缆, 有时也用高纯度的铝。

一些导体材料和它们的性能见附录。

电导率随温度变化吗?

是的, 但对大多数材料来讲, 变化很小。一般地说, 对于导体, 电导率随温度升高而下降。而对于碳、电解质和大多数其它非金属, 电导率随温度上升而升高。

温度怎样影响着绝缘材料的使用?

在选择绝缘材料时, 搞清它能承受的温度, 无疑是很重要的。因此, 人们制订了绝缘的等级, 这些等级按英国标准(BS2757) 定义如下: ①

Y 级绝缘适用于 90°C 以下。这类材料包括未经处理的纸张、棉花和丝。

A 级绝缘可用于 105°C 以下。它包括适当浸渍过的纸、棉花和丝。

① 我国一机部标准 JB794—66 电机、电器和变压器用绝缘材料耐热分级与这里的完全相同。——译者

E 级绝缘的温度规定为 120°C ，这特别与电动机有关。此外，一些浸渍过的纸和纤维制品是适用的。

B 级绝缘用在 130°C ，变压器和电动机要用到这级绝缘。可用的材料包括石棉、云母和陶瓷。

F 级绝缘用于温度 155°C ，H 级为 180°C ，C 级为高于 180°C 。在所有这几个等级中，各种玻璃、云母和陶瓷都是可用的。

半导体是什么？

半导体同其它导电材料的不同之处，在于影响通过它的电流的还有其它因素。半导体的电导率介于良导体和绝缘体之间，并随材料温度的增加而增加。

半导体的电性质取决于晶体的结构和存在的杂质。大多数半导体在纯净状态下都是绝缘体，但掺入杂质后，就造成电子的过剩（N 型半导电性）或造成缺少电子（P 型半导电性）。两种情况都有助于电子的流动。常用的半导体包括锗、硅、硒、氧化亚铜、硫化铅、砷化镓、磷化镓和碳化硅。

超导是什么？

在绝对零度（ -273°C ）时，原子停止了它们的正常振动，自由电子可以实际上不受阻碍地穿过物质。一些材料，当它们被降温到大约离绝对零度 5 度时^①，就处于这样一种状况，一旦在其中产生一个电流，在没有任何外力的情况下，它能长时间持续流动。这种现象称为超导。但是，在极低温度下，半导体的电导率反而下降。

① 元素中铌在 9.3K 就变为超导态，而有些合金，如 Nb_3Ge 的临界温度是 23K 。——译者

二、电 流

安培是什么？

安培（或安，简写为 A）是电荷流动率的量度单位。它是以法国物理学家 A. 安培（André Ampère）的名字命名的，安培研究了导线中电流的效应。国际安培是由电流的电解效应来定义的（有关电解效应见第七章），它是一个稳恒电流，当这电流通过一种特别规定的标准硝酸银水溶液时，使银以每秒 0.001118 克的速率沉积下来。国际安培在 1948 年被绝对安培所代替，后者是以两根长、细、平行的载流导线间的作用力为根据而规定的。若两导线放在真空中相距 1 米，则每个导线中 1 绝对安培的电流将在两导线之间产生一个每米 2×10^{-7} 牛顿的力。国际安培等于 0.99985 绝对安培。从电子流动的观点看，1 安培代表每秒流过 6.2×10^{18} 个电子的电流。

电路是什么？

任何闭合的（连续的）导电回路，在其中可以有电流通过，就称之为电路。图 5 是一个简单电路，它包括一个电池，一个开关和一盏灯。当开关闭合后，人们习惯地说电流从电池正极流出，经过开关和灯（使灯发光），然后回到负极。电流如图 2 中示出的那样，通过电池内部连接起来。

电动势是什么？

电动势是使形成回路中电流的电子流动的力。这个力由电势差导致。象电池这样一个简单电源，有两个极——正极和负极。要形成回路必须将这两极连接起来，我们说两极间

存在着电势差。任何不等势的两点，一旦连在一起，电流就从高电势一端流向低电势的一端。足够高的电势差会导致电流流过介质，或称绝缘体“击穿”。在闪电放电中就有这种现象发生。

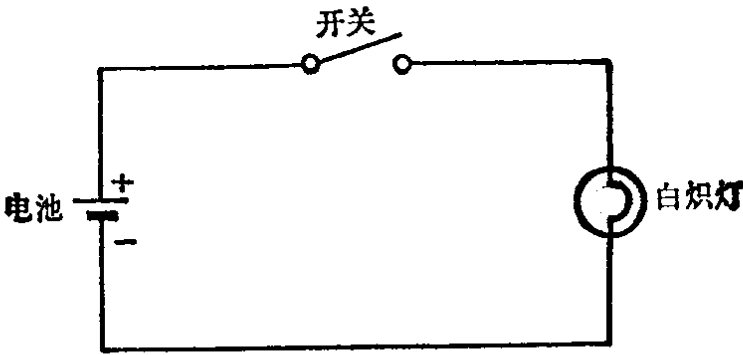


图 5 开关闭合时就接通的简单电路

伏特是什么？

伏特(或伏，简写做 V)是电动势或电势差的量度单位。它是以发明电池的意大利科学家 A. 伏大(Alesandro Volta)的名字命名的。1伏特等于一根导线两端有这样一个电势差，当这导线载有 1 安培的稳恒电流时，其功率消耗为 1 瓦特(见后)。

电阻是什么？

电阻是阻碍电流通过的。所有的物质都具有一定大小的电阻——导体电阻小，绝缘体电阻大。电阻是电导的倒数。电导在第一章研究过，从那里知道，它随温度改变有微小的变化。然而，任何特定材料的纯样品在相同的条件下总有相同的电阻。

除温度外其他条件还会影响电阻吗？

会的，例如，碳的电阻随加于其上的压强而变化。在限流器和微音器的设计中就应用了这个效应。水的电阻比许多其他绝缘体的都要小，因而湿度也会影响材料的电阻。

欧姆是什么？

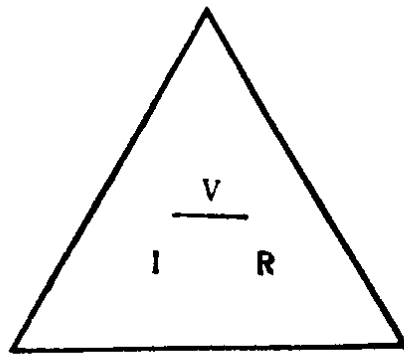


图 6 帮助记忆电压 V ，电流 I 和电阻 R 之间的关系图

欧姆(或欧,符号为 Ω) 是电阻的量度单位。它是以发现控制电流规律的德国物理学家 G. 欧姆 (Georg Ohm) 的名字命名的。国际电阻或标准电阻的定义是, 质量为 14.4521 克, 长度为 106.3 厘米的均匀水银柱在 0°C 时的电阻。

人们这样定义了伏特, 如果电阻为 1 欧姆的导体中通过 1 安培的电流, 则导体两端的电势差就为 1 伏特。

欧姆定律讲的是什么?

欧姆定律指出, 流过导体的电流与导体两端的电势差成正比。通常的表述形式是 $V/I = R$, 这里, V 是导体两端的电势差, 以伏特为单位, 电流 I 是以安培为单位, R 是导体两端的电阻, 以欧姆为单位。伏特、安培和欧姆之间的关系也可以写成 $I = V/R$, 或 $V = IR$ 。这样, 给定任何两个量, 我们就可以算出第三个量。记住这些关系的一个有用的方法, 由图 6 所示的三角形给出。把任一个量盖起来则其他两个量就给出其等价量。

基尔霍夫 (Kirchhoff) 定律是什么?

这是两个基本定律, 由此可以算出在回路或网络中的电流。

第一定律指出电流的连续性, 即流入回路合流点(或称节点)的电流总和为 0。换句话说, 在任何瞬间流入节点的电流

等于流出的电流。这可以用代数式表述为

$$i_1 + i_2 + i_3 + i_4 + \dots = 0$$

必须注意 i 的符号。如果把流入节点的电流作为正，则流出的就要算做负的。图 7 所示的电流至少有一个必定是负的。

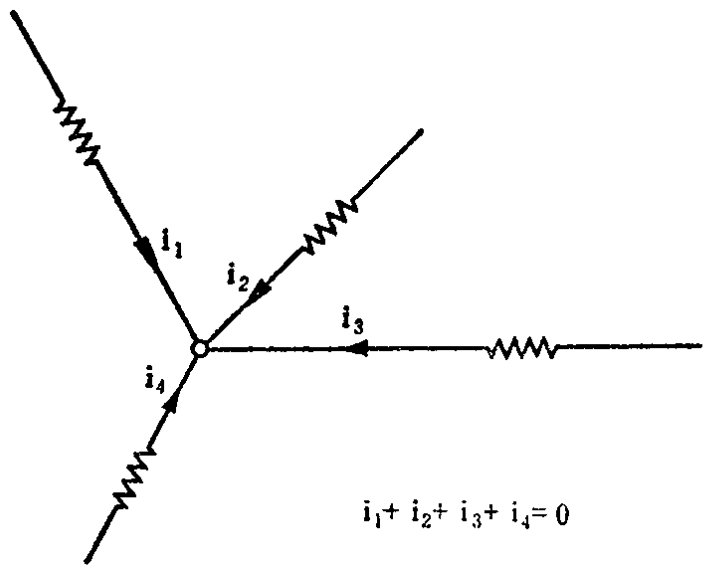


图 7 基尔霍夫节点定律

第二定律表明了能量守恒定律。它表述为：绕闭合回路（或网络中的一个网孔）的总电动势等于绕闭合回路的电势降落之和。

$$\text{或 } e_1 + e_2 + e_3 + \dots = i_1 R_1 + i_2 R_2 + i_3 R_3 + i_4 R_4 + \dots$$

这里各部件间的关系如图 8 所示。

第二定律的一个推广是麦克斯韦 (Maxwell) 的环流理论。对网络中每一个闭合回路都指定一个环流。这样，节点定律在每个节点就自动地得到满足。把回路定律应用到每个闭合回路，就可以写出一系列联立方程从而求解。

怎样使用惠斯登 (Wheatstone) 电桥？

惠斯登电桥是一个包括四个电阻桥臂的回路，四个桥臂

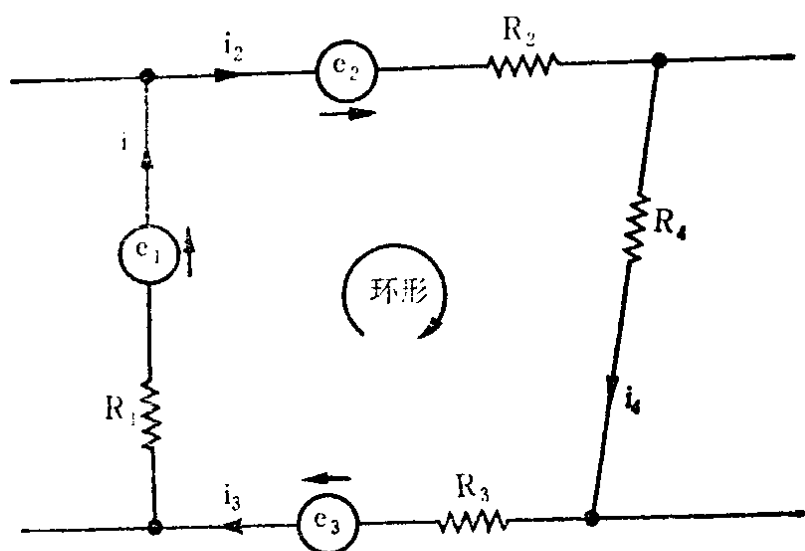


图 8 基尔霍夫回路定律

之一的电阻可以是未知的。电池串接在一个对角线上，检流计串接在另一个对角线上，如图 9 所示，这样就使我们可以测出未知电阻。检流计是一种指示电流存在的仪器。在所示的回路中若 $R_1 i_1 = R_2 i_2$ 且 $R_3 i_1 = R_x i_2$ ，这就是说，如果 $R_1 R_x = R_2 R_3$ ，（称为平衡条件），则检流计中不会有电流通过。这桥路是用来测定放到 R_x 的位置的电阻的。

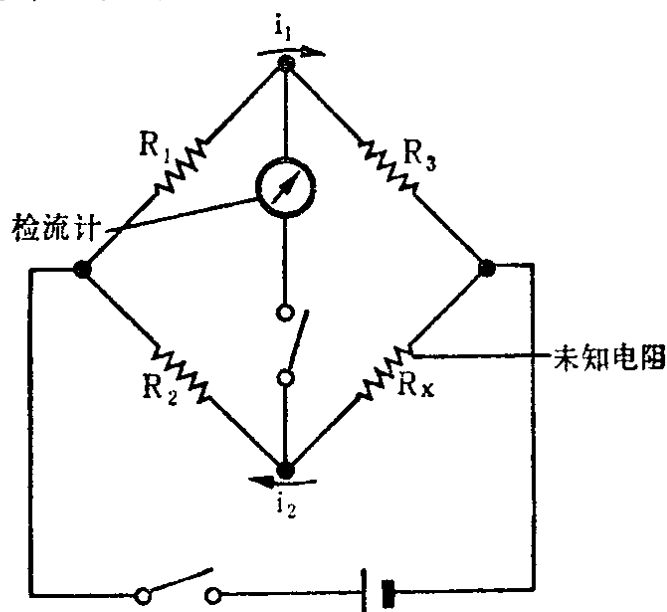


图 9 惠斯登桥路。当 R_1 与 R_3 的比值和 R_2 与 R_x 的比值相等时，检流计不偏转。