



电工入门

DIANGONGRUMEN

内 容 提 要

本书介绍了电的基本知识、架空配电线、配电变压器、屋内外布线及配电装置、电动机及启动设备和安全用电及人工急救等初级电工的入门知识。通俗地叙述了有关用电设备的原理、构造、维修安装和操作方法。

本书是根据一机部1978年11月修订的《工人技术等级标准》要求而编写的,适合具有高小和初中文化程度的电业工人自修,也可作为厂矿和农村电工培训的初级教材。

电 工 入 门

宋邦甸 编写

贵州人民出版社出版

(贵阳市延安中路5号)

贵州新华印刷厂印刷 贵州省新华书店发行

787×1092毫米32开本 5.5印张 114千字

印数 1—19,705

1981年7月第1版 1981年7月第1次印刷

书号: 15115·131 定价: 0.46元

前 言

本书是为初学电工的同志编写的，适合具有高小和初中文化程度的工人自修用，也可以作为厂矿和农村的电工培训教材。

内容包括电路的基本知识、架空配 电 线 路、配 电 变 压 器、屋内配线及开关柜（板）、电动机及启动设备、电气安全知识等部分。叙述简明，取材实际。

作者宋邦甸同志，是一个有二十多年工龄的工人，有丰富的实际经验，并多次担任电工的培训工作。他利用一年多的业余时间写出本书，并经贵阳供电局王啸乾工程师作了修改。现把它推荐给读者，希大家提出批评指正。

贵阳供电局总工程师

高言训

1980年5月

目 录

前言

一、电的基本知识	(1)
(一) 电能的应用	(1)
(二) 电的基本概念	(2)
(三) 磁和电磁感应	(13)
(四) 交流电路	(19)
(五) 电力系统的基本概念	(34)
二、架空配电线路	(36)
(一) 配电线路的一般知识	(36)
(二) 配电线路的简单设计	(41)
(三) 配电线路的施工	(51)
(四) 配电线路的运行和维修	(55)
三、配电变压器	(58)
(一) 变压器的作用	(58)
(二) 变压器的构造和工作原理	(58)
(三) 配电变压器的选择和安装	(65)
(四) 变压器基座	(67)
(五) 变压器的保护装置	(69)
(六) 变压器的防雷保护	(70)
(七) 变压器的运行和维护知识	(72)
(八) 变压器常见故障	(73)

四、屋内外布线及配电装置	(75)
(一) 接户装置	(75)
(二) 配电装置	(77)
(三) 低压布线	(97)
(四) 常用照明设备	(102)
五、电动机及启动设备	(107)
(一) 电动机的种类和构造	(107)
(二) 三相异步电动机的工作原理	(109)
(三) 电动机的选择	(115)
(四) 电动机的启动和启动设备	(119)
(五) 感应电动机的运行和维护	(133)
(六) 感应电动机的检修	(135)
六、安全用电及人工急救法	(148)
(一) 触电的原因及种类	(148)
(二) 触电急救	(152)
(三) 触电的预防	(156)
附录 短路侦察器制作及计算方法	(158)
附表一 汉语拼音字母及读音	(159)
附表二 英语字母及读音	(160)
附表三 希腊字母及读音	(161)
附表四 常用电工图形符号	(162)
附表五 常用电工单位符号	(166)
附表六 电功率、电压、电流、电阻换算公式	(167)
附表七 铅锡合金熔丝的规格 (铅75%, 锡25%)	(168)
附表八 铜制熔丝的规格 (纯铜)	(169)
附表九 各型绝缘导线明敷设时安全载流量 (安)	(170)

一、电的基本知识

(一) 电能的应用

电是目前世界上得到广泛采用的一种能源。在“四化”建设中，电与国民经济的发展和人民生活水平的提高，有着越来越密切的联系。

在工业建设中，如矿藏开采、金属冶炼、机器制造、轻工业和化学工业的生产，无一不在一定程度上依赖于电力。

在现代化的农业中，耕作、播种、浇灌、田间管理、收割、运输等，都大量使用机具，也就时时离不开电力。

在现代化的畜牧业中，电可以帮助切割饲料、洗牲口、消毒、调节空气、剪羊毛、挤牛奶、拣鸡蛋、孵小鸡等。

在日常生活里，电灯、电话、电熨斗、电炉、电影、收音机、电视、电冰箱、空气调节器……等的使用，都不能离开电。

电的用途如此广泛，是因为电能具有以下一些显著的优点：

1. 电能很容易转换

电能很容易转换成其他形式的能；反之，也容易由其他形式的能转变而成。

电动机可把电能转变成机械能，带动各种机器工作；照

明(电灯)、取暖(电炉),是把电能变成光和热能;电冶炼金属(电解铝、电解铜)、电镀时,则又是把电能转变成化学能。

火力、水力、风力、地热、太阳能、原子能等各种类型的发电厂则是将机械能、热能、原子能等能量转变成电能的设施。

2. 电能很容易传输

发电厂离用户有几十、几百里甚至几千里,要使用户用上电能,就必须有传输手段。电的传输只要依靠一定的输电设备,就能达到目的,与其他能源比较,电能传输的方式,是最经济、最合理、效率最高的能量传输方式。

3. 电能很容易分配

按照用电户的要求,架好供电线路,就可以供给家庭照明等少量用电;也可以供给工厂机器设备的动力用电;还可以满足冶金、化工、矿山等工矿企业所需的强大电力。

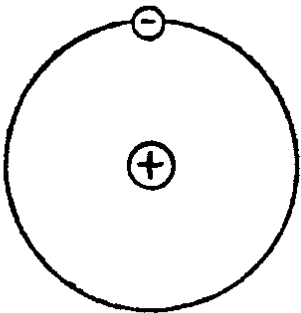
(二) 电的基本概念

什么是电?电灯通电后为什么会发光?电动机通电后为什么会转动?雷击为什么发出耀眼的火花和震耳的声响?……要认识这些电现象和说明这些问题,必须先从物体的内部结构谈起。

1. 物质结构的学说

近代科学研究证明:一切物质都是由分子组成,而分子

又是由原子组成。原子又分为原子核和电子，原子核内有质子和中子。质子带正电，电子带负电，中子不带电。原子核在原子的中央，电子就在原子核外，循着不同的轨道，围绕着原子核旋转。在通常情况下，原子核所带的正电荷与电子所带的负电荷的数量相等。所以，物体就不显带电现象。最简单的氢原子含有一个原子核和围绕原子核运动的一个电子，如图1-1所示。



氢原子

图 1 - 1 氢原子结构示意图

2. 电荷的性质

电荷具有同性相斥，异性相吸的性质。

两个带电荷的物体，如果一个带正电荷，另一个带负电荷，则相互间具有吸引力；如果两个都带正电荷或都带负电荷，则具有互相排斥的力（如图1-2）。

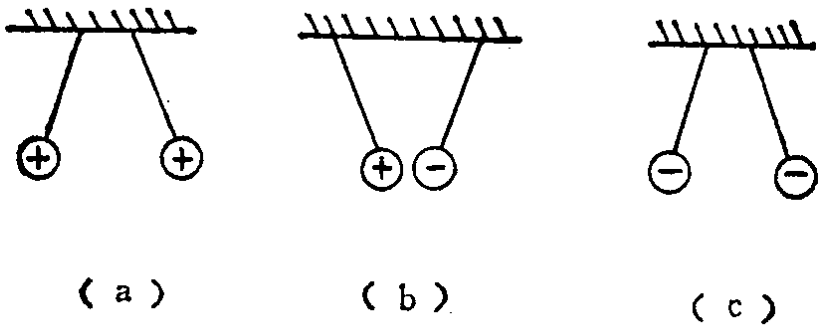


图 1 - 2

(a) (c) 同性电荷相斥 (b) 异性电荷相吸

原子所带的电子虽然不停地运动却不会飞出去，就是因

为原子核所带的正电对它有吸引力。但是,有一些物质原子的外层电子,由于与原子核结合较松,其离核较远的外层电子,在外力的作用下(如摩擦、加热或者外电场力),会脱离核的束缚而在原子间自由运动。这种失去电子的原子带有正电,称为正离子。那些脱离了原子而在原子间自由运动的电子称为自由电子。另一些原子(如氯、氧等原子)的原子核对最外层电子结合得很紧,不仅不会失去电子,还能获得外来的自由电子。这时,原子中的电子数多于质子数,带有负电。这种带负电的原子称为负离子。天空中的雷云就是由于云层运动摩擦,使部分云层带有大量正电,部分云层带有大量负电,二者之间具有很大的吸引力,造成电荷运动,当吸引力过大使得正、负电中和时,即产生了雷鸣和放电。

物质所带电荷的多少,用电量来表示,符号是“Q”,单位是库仑。一个电子所带的电量是非常小的,只有 1.59×10^{-19} 库仑。

3. 电流 (I)

电荷有规则的运动称为电流。电流用“I”表示。电流的单位是安培。

1 安培 = 1 库仑/秒。安培用“A”表示。

现在我们来分析一下电荷是怎样在导线里流动的。图 1-3 是一个最简单的电路。构成一个电路,必须是电源、负载(用电设备的总称)和导线组成的闭合回路。电源的正极带正电荷,负极带负电荷,回路里的电子受正极的吸引,即正电荷受负极的吸引,顺着电路运动,只要电源的电荷能保持,电荷的运动就源源不断。

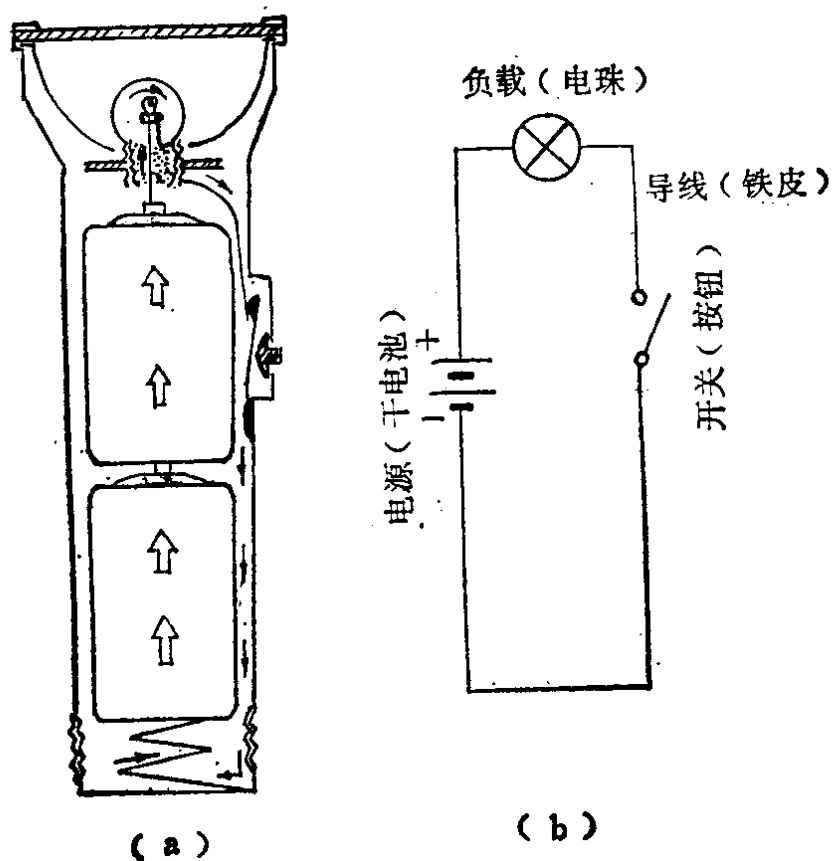


图 1 - 3 简单的电路
(a)手电筒结构图 (b)电路图

为了研究方便，我们规定正电荷运动的方向为电流的方向。电流用安培表串入电路中测量（如图1-4）。

4. 电势 (E) 和电压 (U)

导体对电荷的流动具有一定的阻力，要克服这个阻力就必须加以一定的压力，这个压力称为电压。电路里的电

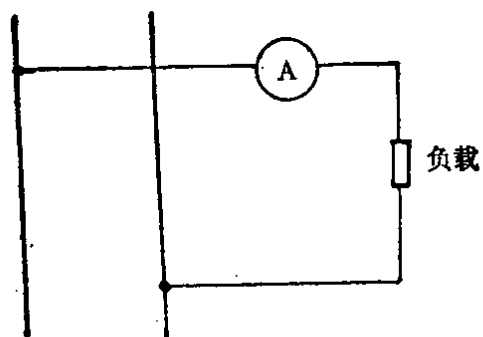


图 1 - 4 电流表串联负载电路

压是由电源供给的，电源依靠别的能量维持产生电流的电压，叫做电势。

电流从高电位流向低电位，电压的方向和电流的方向相同。电压由电势供给，因此在一个闭合回路里它们的数值相同，方向相反。

电压和电势的实用单位是伏特，简称“伏”。1“伏”等于1库仑电荷的电流流过电路，放出1焦耳能量时电路两端的电压。此外，根据实际需要，还有采用千伏和毫伏为单位的，其换算式为：

$$1 \text{ 千伏} = 1000 \text{ 伏}$$
$$1 \text{ 毫伏} = \frac{1}{1000} \text{ 伏} = 10^{-3} \text{ 伏}$$

电压用伏特表测量，与被测电路并联（如图1-5）。伏特用“V”表示，电压用“U”表示，电势用“E”表示。

5. 欧姆定律、电阻（R）

对于一个固定电路，我们不断改变电压，测量电路的电流（如图1-6），就会发现：电压升高，电流增大，而且电压与电流的比值是一个常数。用公式表示为：

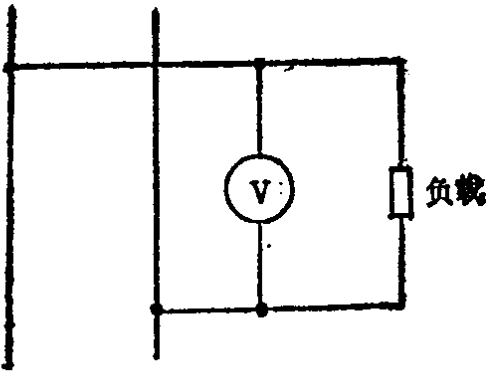


图 1 - 5 电压表并联电路

$$\frac{U}{I} = R \quad \text{或} \quad U = IR$$

这个关系是德国科学家欧姆首先发现的，所以叫做欧姆定律。

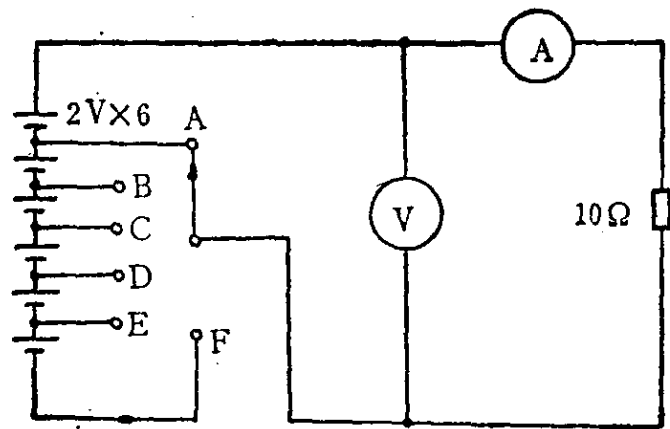


图 1 - 6 在固定电阻中电流与电压的关系

电压与电流的比值表

表 1 - 1

电 压 (V)	2	4	6	8	10	12
电 流 (A)	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2
电压/电流 = 电阻(Ω)	10	10	10	10	10	10

进一步实验表明， R 这个常数对于不同的电路有不同的值，它正好表示了电路对电荷运动的阻力，称电阻。电阻用“ R ”表示，电阻的大小与下列因素有关：

1)电阻与导电物质材料的种类有关：铜、铝、铁等金属材料的电阻小；而非金属材料如瓷、云母、油、空气等电阻很大。在电路中，需用电阻小的材料制成导线，这种材料称为导体。同时，也需要用电阻大的材料，将导电部分与其他

部分隔开，保障设备和人身的安全，这类材料叫绝缘材料。

2) 电阻与导电物质的形状有关：电阻与导线的长度成正比，与导线的截面积成反比。用公式表示为：

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

式中：

R 为电阻，单位为欧姆（用 Ω 表示）；

L 为导体的长度，单位为米；

S 为导体截面积，单位为平方毫米；

ρ 为导体的电阻率，表示温度在 20°C 时，长 1 米（m），横截面积为 1 平方毫米（ mm^2 ）时导体的电阻，单位为欧姆·毫米²/米。

计算中常用导体的电阻系数如表1-2所示。

导体的电阻系数表

表 1 - 2

材 料	电阻系数（欧·毫米 ² /米）
银	0.016
电线铜	0.017
铝	0.032
黄铜（铜锌合金）	0.065
康铜（铜镍合金）	0.5
铸铁	0.5
镍铬合金	1.13
水银	0.94

3) 电阻与温度有关系：

〔例 1〕一个电炉电阻为48.4欧，接在220伏的电源上，问电路上流过多大电流？

解：根据欧姆定律电流为：

$$I = \frac{U}{R} = \frac{220}{48.4} \\ \doteq 4.545(\text{安})$$

〔例 2〕如果在 220 伏电路上接一盏电灯，量出电流是 0.182 安，问这个电灯的电阻是多少？

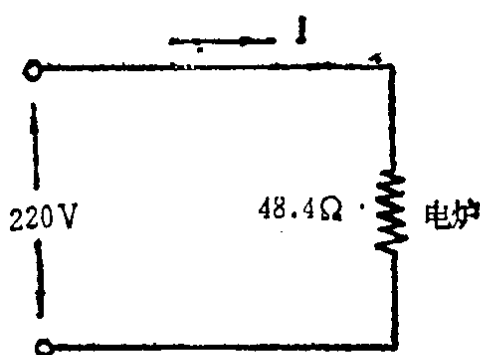


图 1-7 求电炉上的电流

解：根据欧姆定律电阻为：

$$R = \frac{U}{I} = \frac{220}{0.182} \doteq 1208.8(\Omega)$$

6. 电阻串联和并联

把几个电阻串联在一起，接到电路上去，叫做串联，串联电路（如图1-8）的总电阻等于各电阻的和。即：

$$R = R_1 + R_2 + R_3$$

根据欧姆定律，串联电路上的电流为：

$$I = \frac{U}{R} = \frac{U}{R_1 + R_2 + R_3}$$

各电阻上的电压为：

$$U_1 = IR_1 \quad U_2 = IR_2 \quad U_3 = IR_3$$

把几个电阻并起来接入电路，叫做并联电路（如图1-9）。电阻并起来后，加上的是同一个电压 U ，而每一个电阻上的

电流则为：

$$I_1 = \frac{U}{R_1} \quad I_2 = \frac{U}{R_2} \quad I_3 = \frac{U}{R_3}$$

总电流等于三个支路电流之和。即：

$$I = I_1 + I_2 + I_3 = \frac{U}{R_1} + \frac{U}{R_2} + \frac{U}{R_3}$$

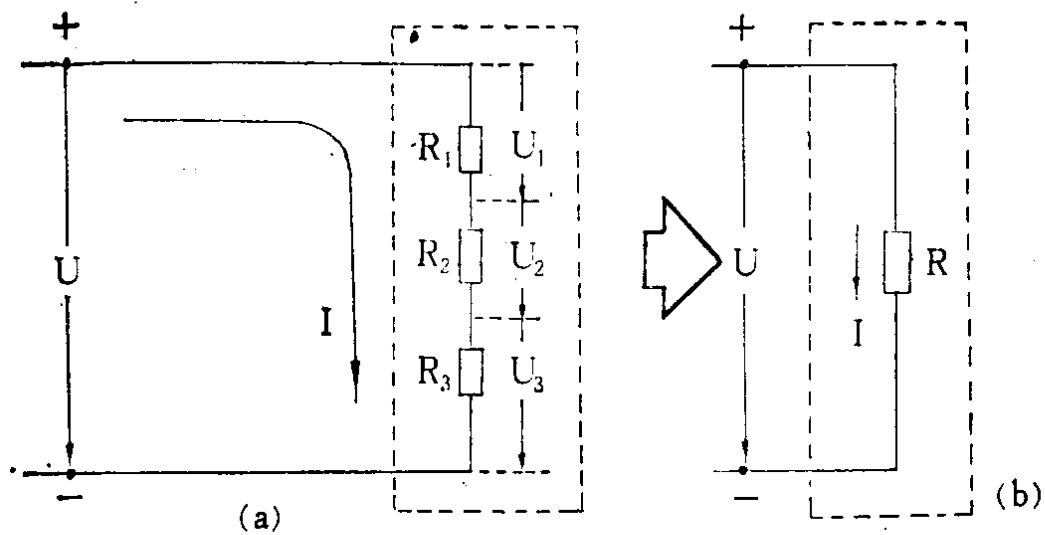


图 1 - 8 串联电阻

(a) 多个电阻的串联

(b) 用等效电阻代替串联电阻

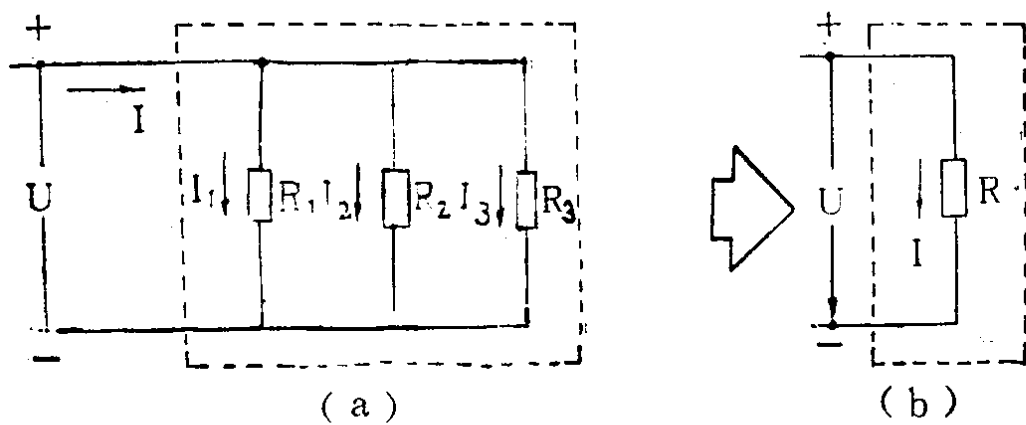


图 1 - 9 并联电阻

(a) 多个电阻的并联

(b) 用等效电阻代替并联电阻

若用一个总电阻 R 代替三个电阻，根据欧姆定律：

$$I = \frac{U}{R} = \frac{U}{R_1} + \frac{U}{R_2} + \frac{U}{R_3}$$

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

串联和并联电路在实际中普遍存在。如导线和负载之间是串联，接在同一电路内的所有用电设备是并联，计算时需用上这些关系式。

7. 电能和电功率(P)

电流能使电灯发亮，使电动机转动，使电炉发热，这都表明了电有作功的能力。如果用 A 代表电能， U 代表电压， Q 代表电荷，则：

$$A = U \cdot Q$$

单位时间内的电能称电功率(P)，它表示电路作功的能力。功率的单位是瓦，用“W”表示。

$$P = \frac{U \cdot Q}{t} = U \cdot \frac{Q}{t} = UI$$

根据欧姆定律：

$$U = IR \quad \text{或} \quad I = \frac{U}{R} \quad \text{得：}$$

$$P = I^2 R \quad \text{或} \quad P = \frac{U^2}{R}$$

即电路中的功率，等于电压乘电流，或等于电流的平方乘电阻，或等于电压的平方除以电阻。

〔例 3〕求例 1 中电炉的功率。

解：例 1 中 $U = 220$ 伏 $R = 48.4$ 欧
 $I = 4.545$ 安

所以：

$$P = U \cdot I = 220 \times 4.545 = 1000 \text{ (瓦)}$$

或
$$P = \frac{U^2}{R} = \frac{220^2}{48.4} = 1000 \text{ (瓦)}$$

电能的实用单位是千瓦小时（即度）。

〔例 4〕例 2 中的电灯，若每天点 4 小时，一个月（按三十天计算）用了多少度电？

解：先求功率：

$$P = UI = 220 \times 0.182 = 40 \text{ (瓦)} \\ = 0.04 \text{ (千瓦)}$$

一个月用电为：

$$A = P \cdot t = 0.04 \times 4 \times 30 = 4.8 \text{ (度)}$$

8. 电 热

电流通过电阻会产生热，楞次和焦耳两人通过实验得出计算热量(Q)的公式是：

$$Q = 0.24 I^2 R t$$

电热的产生，有些是我们所需要的，如电炉、电烙铁等电热设备产生的热；有些则是我们不需要的，如电动机转动时产生的热，因它会造成设备损坏和绝缘破坏。对不需要的热，我们应当尽量避免。要限制发热，就必须规定电气设备的允许电流（或功率）。

电路内的电阻被阻值非常小的导线短接（俗称短路）时，电流可以为正常电流的若干倍（如图 1-10）。如不断开