

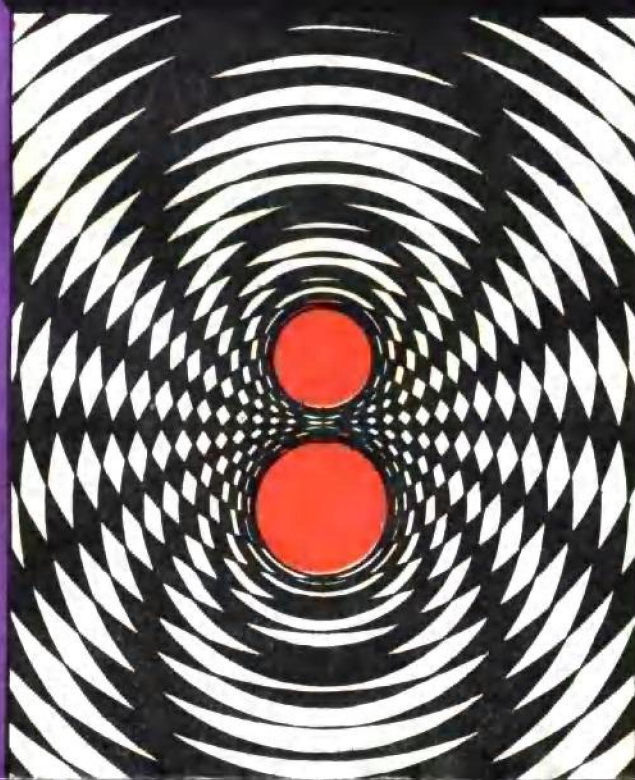
天津科学技术出版社

封面设计: 白慧敏

● 漆仕速 傅恩锡

图解电工技术

300问



图解电工技术 300 问

漆仕速 傅恩锡 编著

天津科学技术出版社

内 容 提 要

本书采用程序式学习法，并辅以图解说明，系统地介绍了电工技术的基础知识。主要包括电路、磁路、电机、电工测量及安全用电等。内容由浅入深，循序渐进，且图文对照，形象直观，便于理解掌握。

本书适用于中专及技校学生，也可为工矿企业电工及非电类技工自学用。

津新登字 (90) 003 号

图解电工技术 300 问

漆仕速 傅恩锡 编著

责任编辑：吉 静

*

天津科学技术出版社出版

天津市张自忠路 189 号 邮编 300020

天津市蓟县印刷厂印刷

新华书店天津发行所发行

*

开本 850×1168 毫米 1/32 印张 7 字数 176 000

1995 年 4 月第 1 版

1996 年 4 月第 2 次印刷

印数：7 001—12 000

ISBN 7-5308-1663-2

TM·17 定价：9.00 元

前 言

“科学技术是第一生产力”。每个国家的经济发展，综合国力的强弱，以及人民生活水平的提高，都依靠科学技术的进步与发展。为此，必须普遍地提高劳动者的文化素质。另一方面，由于信息技术、控制技术和计算机技术的迅猛发展，各种各样的自动化设备，不仅广泛应用于工业、农业、国防、交通、通讯、科学实验中，而且已渗入到社会、经济、个人以及家庭生活等各个领域，从而大大地激发了人们了解和掌握电工技术基本知识的兴趣。本书的出版就是为了满足人们的这一要求。

本书是一本中级科技读物，它有以下特点：（一）采用现代流行的程序式学习方法，结合实际将全部内容分为若干小题目，循序渐进地予以介绍，俾能引起读者兴趣，加深印象。（二）文字讲解和插图解说并重，每页文字叙述均备有一页插图说明，加强内容的形象化，有利于在学习中加深理解和记忆。（三）着重于概念的建立和理解，必要时辅以计算举例。（四）针对每章内容，提出了若干复习题，起到自己小结归纳的作用。全部内容学完之后，在书末备有总的测验题，用以自行检查对所学内容的掌握程度。本书适用于具有中学文化水平者自学，也可供中等专业学校及技工学校师生参考。

全书共九章，分为四个部分：第一至第三章为电路理论；第四至第七章为电机；第八章为电工测量；第九章为安全用电。第四及第七两章由傅恩锡同志编写；其余各章均由漆仕速同志编写，由漆仕速同志统一修改定稿。

在本书出版过程中，得到天津科技出版社编辑王定一同志的热情鼓励与支持；国防科技大学高级工程师李日新同志为本书绘制了

若干插图，在此一并致谢！

本书的编写格式与一般教科书有所不同，是编者的初次探索。因此，缺点在所难免，诚恳欢迎广大读者提出批评指正！

编 者

1993年6月

目 录

第一章 电路基本知识	(1)
1-1 电场、电路及其基本概念	(1)
1-2 电气设备的额定值	(6)
1-3 电路的工作状态	(8)
1-4 电阻元件	(10)
1-5 电容元件	(14)
1-6 电感元件	(18)
1-7 电源元件	(20)
1-8 克希荷夫定律	(22)
1-9 电阻的串联、并联和混联	(28)
1-10 电容的充电和放电过程	(34)
第二章 正弦交流电路	(36)
2-1 正弦电压和正弦电流的三要素	(36)
2-2 相位差和有效值	(38)
2-3 电阻元件的电压与电流的关系	(40)
2-4 电容元件的电压与电流的关系	(42)
2-5 电感元件的电压与电流的关系	(46)
2-6 电阻与电容串联电路中电压与电流的关系	(48)
2-7 电阻与电感串联电路中电压与电流的关系	(52)
2-8 RLC 串联电路中电压与电流的关系	(54)
2-9 正弦交流电路的功率	(56)
2-10 谐振电路：串联谐振和并联谐振	(62)
2-11 功率因数的提高	(66)
第三章 三相交流电路	(68)

3-1	对称三相电压和电流	(68)
3-2	三相交流电路	(70)
3-3	负载为星形联接的三相电路	(72)
3-4	负载为三角形联接的三相电路	(76)
3-5	三相电路的功率	(78)
第四章	磁路和变压器	(80)
4-1	磁路	(80)
4-2	铁心线圈电路	(86)
4-3	电磁铁	(90)
4-4	铁心损耗	(94)
4-5	变压器的基本结构	(96)
4-6	变压器的工作原理	(100)
4-7	变压器的铭牌	(106)
4-8	自耦变压器	(108)
4-9	三相变压器	(110)
4-10	电焊变压器	(112)
第五章	异步电动机	(114)
5-1	三相异步电动机的用途和结构	(114)
5-2	三相异步电动机的工作原理	(118)
5-3	三相异步电动机的机械特性	(122)
5-4	三相异步电动机的起动	(126)
5-5	三相异步电动机的反转	(130)
5-6	三相异步电动机的铭牌和额定值	(132)
5-7	单相异步电动机	(136)
第六章	低压电器和控制系统	(140)
6-1	低压电器	(140)
6-2	三相鼠笼式异步电动机的点动和连续运行的控制 系统	(146)

6-3	三相鼠笼式异步电动机的正反转控制系统	(148)
6-4	两台三相鼠笼式异步电动机先后起动的控制系统	(150)
6-5	阅读三相异步电动机继电器——接触器控制系统原 理图的方法	(152)
第七章	直流电动机.....	(154)
7-1	直流电动机的基本结构	(154)
7-2	直流电动机的工作原理	(156)
7-3	他励直流电动机的机械特性	(160)
7-4	他励直流电动机的起动	(162)
7-5	他励直流电动机的反转	(164)
7-6	他励直流电动机的调速	(166)
第八章	电工测量.....	(170)
8-1	电工仪表的种类	(170)
8-2	磁电系 电磁系、电动系仪表	(172)
8-3	电流表和电压表 ;	(178)
8-4	万用表	(180)
8-5	兆欧表	(184)
8-6	电度表	(186)
第九章	安全用电.....	(188)
9-1	触电与急救	(188)
9-2	保护接地	(190)
9-3	保护接零	(192)
9-4	安全用电常识	(194)
9-5	电气火灾及其预防	(195)
复习题		(196)
测验题		(203)

复习题答案..... (210)

测验题答案..... (216)

第一章 电路基本知识

1-1 电场、电路及其基本概念

1. 什么叫电量？什么叫电场？什么是静电屏蔽？ 物体之间由于摩擦或者其它种种原因，可产生电子转移。于是失去电子的物体带正电荷，得到电子的物体带负电荷。物体失去或获得电子越多，物体所带的正电荷或负电荷就越多。电量就是表示带电体所带电荷多少的一个物理量，通常用符号“ Q ”或“ q ”表示，单位为库仑，用C表示。实验测得：一库仑相当于 6.25×10^{18} 个电子的电量，而一个电子所具有的负电量约为 $1.6 \times 10^{-19} \text{C}$ 。

存在于电荷周围空间且对电荷有作用力的特殊物质叫电场。静止电荷产生的电场称静电场。放在电场中的导体受电场影响，其电荷重新分布，这种现象即为静电感应现象。为了防止静电感应，就需要进行静电屏蔽。通常，采用把一个空腔导体接地的方法，就可以隔离内外静电场的影响。如实际生产中，晶体管罩一个金属外壳，工作服的布料中掺有金属丝，有的导线外皮还要包一层金属丝网（隔离线），电器外壳金属接地等均为静电屏蔽而设计的。

2. 电路是什么？电路有什么作用？ 电流流过的通路就叫做电路。实际电路都是由若干实际电气元件或器件用导线按一定方式连接而成的。

实际电路按其功能的不同可分为两大类。一类是用来完成能量的传送、分配和转换，即：使电能和其它形式的能相互转换并对电能实现传递和分配。如电动机电路、照明线路、输配电系统、电热电路等。另一类是用来完成电信号的传递和处理的，即：把输入信

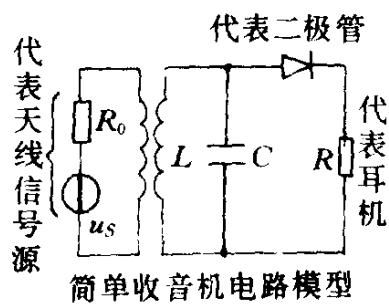
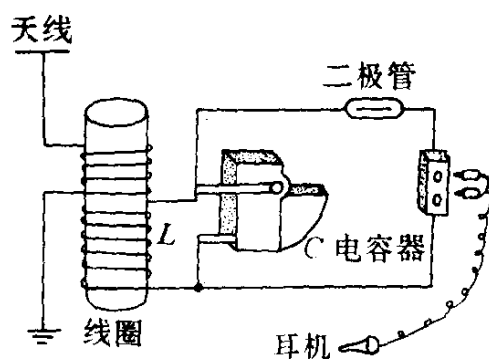
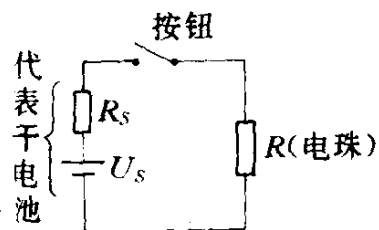
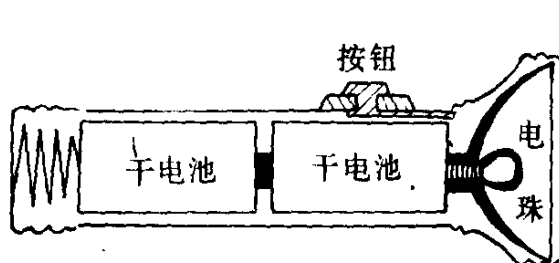
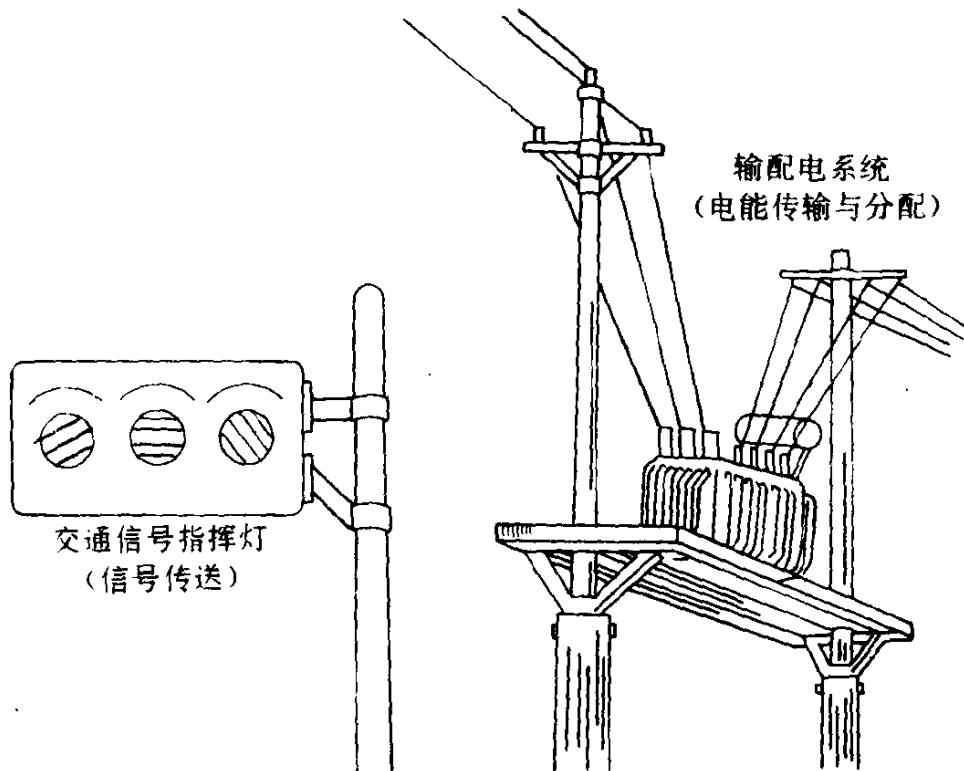
再进行“加工处理”，使之输出信号符合要求。如交通信号指挥灯、电话线路、收音机、电视机电路等。

3. 什么是电路元件和电路模型？ 实际元、器件中发生的电磁过程是相当复杂的，为了简化分析研究起见，人们常常把复杂现象理想化，用一个或几个理想化元件的组合来代替实际的元件或器件。理想化的元件统称为电路元件。电路元件可用国家统一规定的符号来代表。

在设计、安装、修理各种实际电路的时候，常常需要画出表示电路连接情况的图。这时，为了简便，通常不画出电路和实物连接图，而用几个电路元件组成的电路来代替。由理想化元件组成的电路叫做电路模型，简称电路图。我们在书本上、说明书上、生产图纸上看到的电路图就是各种实际电路的电路模型。

4. 电路由哪些部分组成？各有何功能？ 电路主要由三部分组成。①电源——提供电能，且能将其其它形式的能量转换为电能的装置。例如直流发电机，它可将机械能转换为电能；干电池、蓄电池则是将化学能转换为电能等等。②负载——又称用电器，是各种用电设备的总称，其作用是把电能转换为其它形式的能量。例如直流电动机是把电能转换为机械能；电烙铁、电炉是将电能转换为热能；电灯则是将电能转换为光能等等。③中间环节——连接电源与负载，构成电流通路，并对整个电路实行控制（如开关）、保护（如熔断器）、测量（如电流表）。因此，中间环节包括连接导线、控制电器、保护电器、测量仪表等。

通常，对电源来讲，负载、连接导线、开关等称为外电路；而电源内部的一段电路称为内电路。换句话说，由电源一端出发，经过和它连接的全部负载和导线，再回到电源另一端的电流路径，叫作外电路；电流在电源内部通过的路径，称为内电路。



5. 电流的定义和单位是什么？ 电荷的定向移动形成电流（指物理现象）。电流的方向，习惯上是指正电荷运动的方向，在电路图中用箭头表示。电流的大小用电流强度来衡量。通过导体横截面的电量 q 与此电量通过的时间 t 的比值叫做电流强度，简称电流（指物理量） i ，即

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

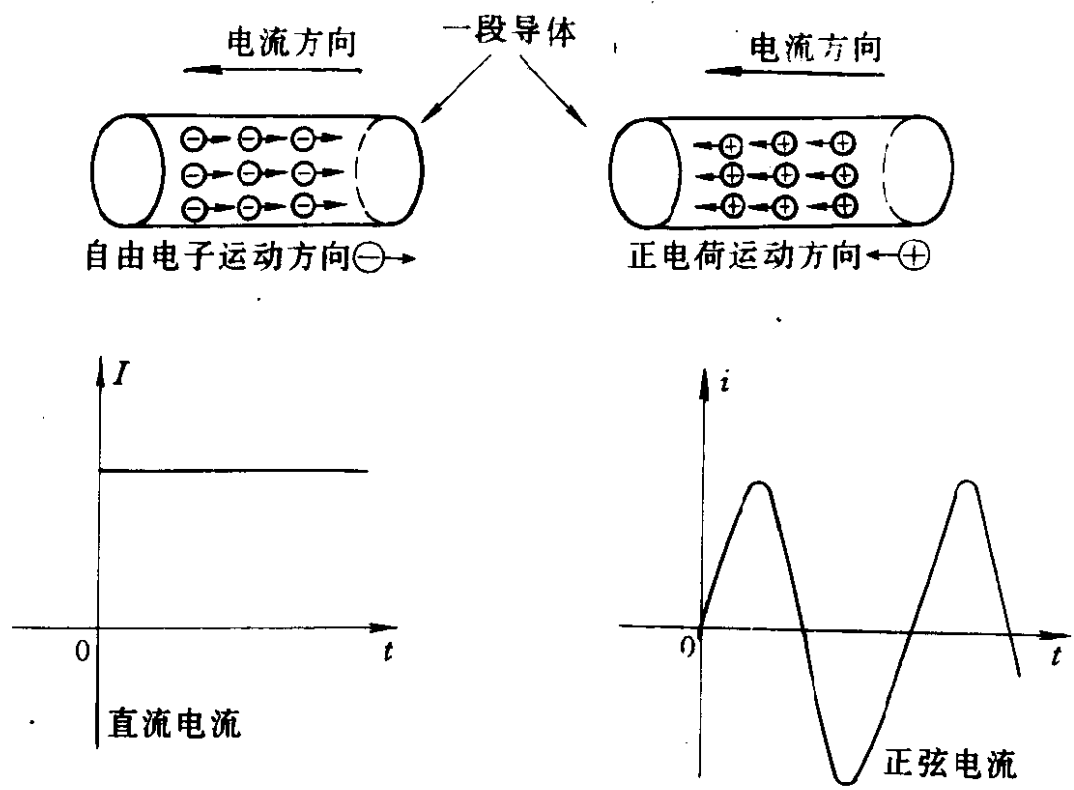
如电量的单位为库仑，时间的单位为秒，则电流的单位为安培，简称安，用符号 A 表示。较大的单位为千安（kA）；较小的单位为毫安（mA）；微安（ μA ）。（ $1\text{kA} = 10^3\text{A}$ ， $1\text{mA} = 10^{-3}\text{A}$ ， $1\mu\text{A} = 10^{-6}\text{A}$ ）。

电流的种类很多，常见的有直流，它的大小和方向都不随时间变化，直流电流用 I 表示。另一种是正弦电流，它的大小和方向随时间按正弦规律变化，用 i 表示。谈到电流时，不仅要说明它的大小，而且还要指出其方向。

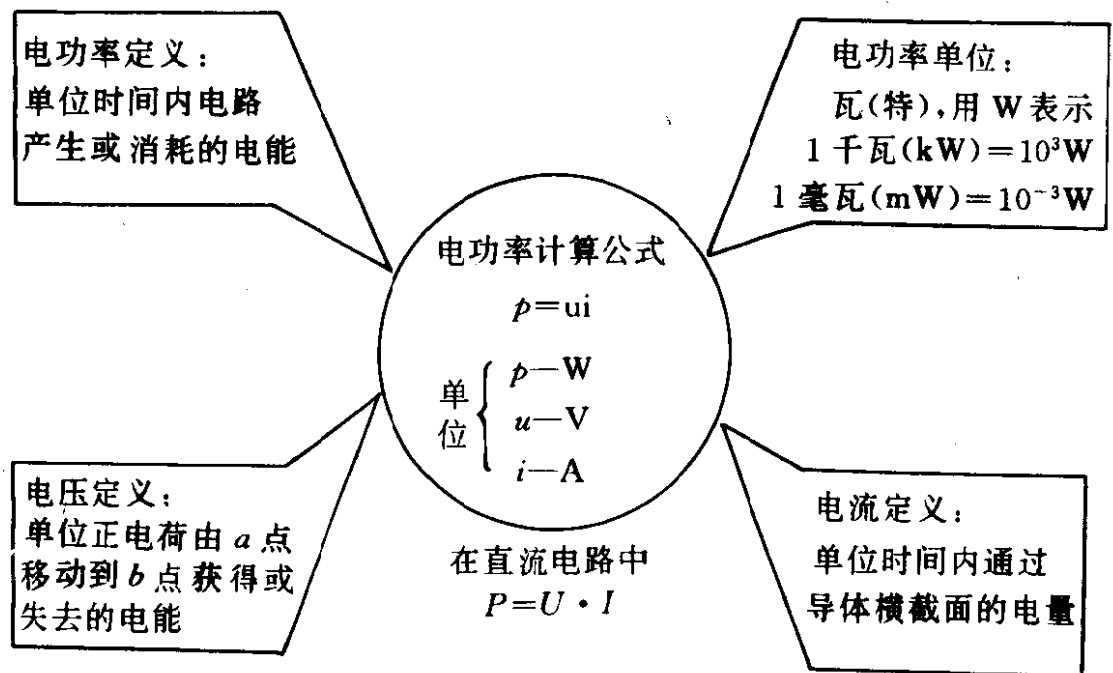
6. 电压的定义和单位又是什么？ 在水管中，水的流动要有水压（水位差）的作用。在电路中，电荷的移动要有电压（电位差）的作用。电路中 a 、 b 两点间的电压，就是 a 、 b 两点间电位（物理学中叫电势）之差。电位高的一端叫正极性端，用“+”号表示；电位低的一端叫负极性端，用“-”号表示。电压的方向是指电位下降的方向。电压 u 的定义是：正电荷由 a 点移动到 b 点所获得或失去的能量 W 与该正电荷电量 q 之比，即

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

如能量的单位为焦耳（J），电量的单位为库仑（C），则电压的单位为伏特，简称伏，用 V 表示。较大的单位为千伏（kV）；较小的单位为毫伏（mV），微伏（ μV ）。（ $1\text{kV} = 10^3\text{V}$ ， $1\text{mV} = 10^{-3}\text{V}$ ， $1\mu\text{V} = 10^{-6}\text{V}$ ）谈到电压时，既要说明它的大小，还要指出其极性。常见的电压有直流电压（用 U 表示）、正弦电压（用 u 表示）。



两种常见电流的波形
(电流、电压与时间的关系曲线叫波形)



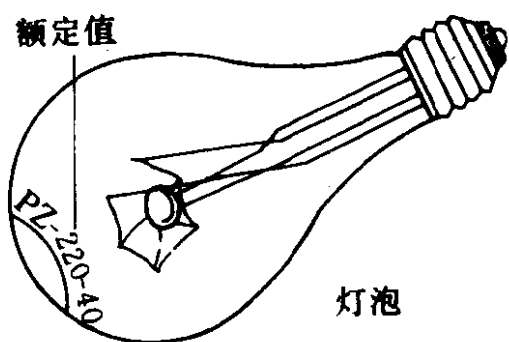
电能 = $u \cdot i \cdot t$ 单位: 瓦 · 秒(或焦耳) 1 度(电) = 1 千瓦 · 小时

1-2 电气设备的额定值

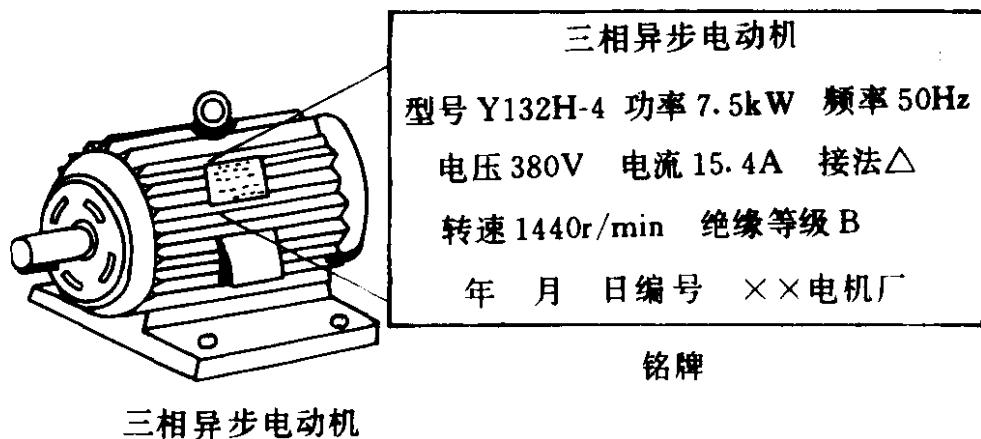
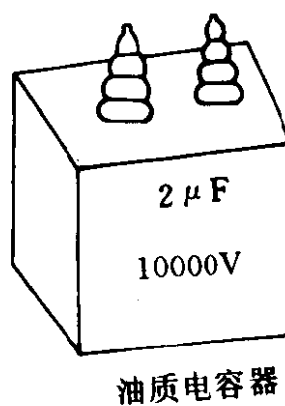
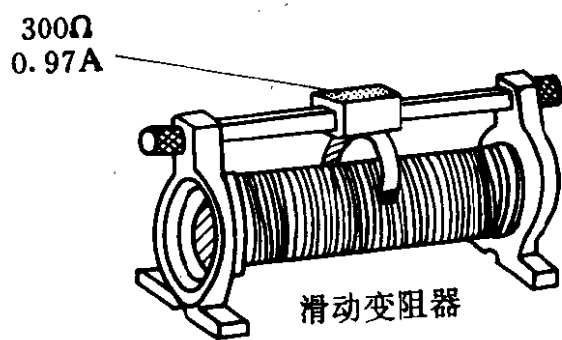
7. 电气设备的额定值是什么意思？ 普通白炽灯灯泡上标印的40W、220V，就是灯泡的额定功率和额定电压值。电气设备在正常工作条件下，设备通过的电流、承受的电压、温度的上升、产生的功率等等都有一定的限制，或者说都有一个规定的数值，只要按此规定值操作或运行，设备就可以安全而持续地工作。这些规定值统称电气设备的额定值。例如额定电压就是指允许加在设备上的最高电压值；额定电流是指允许通过设备的最大电流值；额定功率是指允许设备消耗或产生的最大功率值。不同的电气设备，规定的额定值种类不同。例如灯泡规定了额定电压和额定功率；滑动变阻器规定的是额定电流和额定电阻（又叫标称电阻值）。

8. 为什么要规定额定值？ 制造电气设备都要采用导体（包括导线）和绝缘材料。电流通过导体时，由于导体有电阻，导体就会发热，电气设备的温度就随之升高。电流过大，发热多，温度就会上升过高，导体将熔化烧坏，所以设计时，对电气设备的电流值就应有一个限制，即规定一个额定电流值。绝缘材料的性能与温度、电压有关。它所能承受的温度和电压，也有一个限度。温度过高，绝缘材料会烧焦，变成导体；电压过高，绝缘材料将被击穿，绝缘性能遭到破坏，这都是不允许的。因此，对电气设备要规定一个额定电压值。

总之，使用一切电气设备，一定要在额定值条件下工作，以保证人身安全、设备安全和设备的使用寿命。



电气设备上标出的
若干数值都是额定值



三相异步电动机
型号 Y132H-4 功率 7.5kW 频率 50Hz
电压 380V 电流 15.4A 接法 Δ
转速 1440r/min 绝缘等级 B
年 月 日 编号 $\times\times$ 电机厂

铭牌

1-3 电路的工作状态

9. 电路有哪几种工作状态？ 有三种工作状态：

①有负载工作状态 将负载与电源接通（右图①）形成闭合电路，电路中有电流通过，这种工作状态，叫做有负载工作状态。电源电压一般变化不大，所以电路中电流的大小与负载的电阻大小有关。减小电阻，则电流大，电阻消耗的功率也增大。习惯上，把这种情况叫做负载增大。因此，负载一词有时是指用电器中的电流或功率。

如果电气设备在额定电压、额定电流条件下工作，就称为电路的额定工作状态。在这种状态工作，既经济，又安全。

②断路状态 在右图②所示电路中，将闸刀开关断开，切断负载与电源的联系，电路不成闭合回路，电流为零，这种情况就叫做电路的断路状态，又称开路状态。这时电源未接负载。

③短路状态 如果由于某种原因，突然使电源两端短接，如右图③所示，这种情况叫做电路的短路状态。电源被短接后，电源两端电压为零。一般电源内阻较小，因此，电源输出的短路电流很大，这个电流值远大于电气设备的额定电流值，将把设备烧毁，所以短路状态是不允许出现的。在工作中，一定要防止短路事故的发生！为安全起见，在电路中应安装短路保护装置（如第六章介绍的熔断器）。