

# 鍛压电工学

上册

“鍛压电工学”编写小组

1 9 7 7 年 12 月

# 毛主席语录

我们的教育方针，应该使受教育者在德育、智育、体育几方面都得到发展，成为有社会主义觉悟的有文化的劳动者。

《关于正确处理人民内部矛盾的问题》（一九五七年二月二十七日）

世界是由矛盾组成的。没有矛盾就没有世界。我们的任务，是要正确处理这些矛盾。这些矛盾在实践中是否能完全处理好，也要准备两种可能性，而且在处理这些矛盾的过程中，一定还会遇到新的矛盾，新的问题。但是，象我们常说的那样，道路总是曲折的，前途总是光明的。

《论十大关系》（一九七六年十二月二十五日人民日报）

# 出版说明

本教材的编写是根据一九七六年三月在广州召开的全国锻压专业教材编写会议精神，由太原重机学院和大连铁道学院主持，有合肥工业大学、西安交通大学、清华大学、天津大学、山东工学院，洛阳农机学院、重庆大学、湘潭大学、太原重机学院和大连铁道学院共十一个院校参加。编写过程中，得到不少兄弟院校对大纲（初稿）的精神给予支持和鼓励，并吸取了全国二十三所院校锻压专业对教材编写提出的意见，先后于大连和太原召开了两次会议，完成了编写任务。

由于我们的思想水平和业务水平不高，时间又仓促，因此教材编写和印刷质量均较粗糙，望各院校师生在使用本教材过程中，提出宝贵意见，便于今后修改。

《锻压电工学》教材编写组

一九七七年元月

# 上册前言

遵循“教材要彻底改革”的指示精神和理论联系实际的原则，上册内容在于重点培养学员具有阅读和分析中等复杂程度的继电——接触器控制线路的能力，并能选择常用的电机和控制电器，掌握电路和电磁的基本知识。为此，安排了锻造（空气锤）和冲压（曲柄压力机）机械的典型控制线路（三、四章）和常用电机、电器选择的内容（第五章）。把三相电路结合异步电动机编成第二章，把单相电路，电磁铁等编写为第一章。这样编写，力求把电工学的基本知识和具体的电气设备结合起来，用理论来分析实际问题。便于学员做到学以致用。

# 目 录

## 第一章 电路及电磁的基本知識

- 1—1 对电路的初步认识..... (4)
- 1—2 直流电路..... (8)
- 1—3 电磁的基本知识..... (20)
- 1—4 单相交流电路..... (29)

## 第二章 三相交流电路和三相异步电动机

- 2—1 三相交流电路..... (45)
- 2—2 三相异步电动机的构造..... (54)
- 2—3 旋转磁場..... (56)
- 2—4 异步电动机的工作原理..... (60)
- 2—5 异步电动机的转矩和机械特性..... (62)
- 2—6 异步电动机的铭牌..... (66)
- 2—7 安全用电..... (67)

## 第三章 空气锤的电气設備

- 3—1 中等容量鼠籠式异步电动机的起动问题..... (70)
- 3—2 用自耦变压器降低电压起动..... (71)
- 3—3 鼠籠式异步电动机的星形——三角形换接起动..... (73)
- 3—4 空气锤的起动设备及其控制线路..... (75)

## 第四章 J31—250型閉式单点压力机的电气設備

- 4—1 绕线式异步电动机的起动..... (82)
- 4—2 滑块封闭高度调节的控制线路..... (87)
- 4—3 压力机各种工作规范的控制线路..... (88)

4—4	曲轴位置指示、超负荷保护等其它控制线路·····	(93)
4—5	继电器—接触器控制线路的设计步骤举例·····	(96)
资料一	300吨四柱万能液压机的电气设备·····	(101)
资料二	10吨有轨操作机的电气设备·····	(103)

## 第五章 锻压机械电机和电器的选择

5—1	选择电动机的基本知识·····	(108)
5—2	锻压机械主电机容量计算·····	(111)
5—3	电动机结构型式的选择·····	(113)
5—4	电动机转速的选择·····	(115)
5—5	高转差电动机的应用·····	(115)
5—6	低压电器的选择·····	(117)
5—7	导线选择·····	(128)

## 附 录

### 一、交流电动机技术数据

1、鼠笼式异步电动机技术数据·····	(131)
2、绕线式异步电动机技术数据·····	(135)
3、鼠笼型高转差异步电动机技术数据·····	(136)

### 二、常用低压电器技术数据

1、交流接触器·····	(138)
2、熔断器技术数据·····	(139)
3、热继电器技术据·····	(139)
4、空气式时间继电器·····	(141)
5、行程开关·····	(141)
6、中间继电器·····	(142)
7、按钮·····	(143)
8、自动空气开关·····	(144)
9、自耦减压起动器·····	(145)
10、阀用电磁铁·····	(146)

# 目 录

## 第一章 电路及电磁的基本知識

- 1—1 对电路的初步认识..... (4)
- 1—2 直流电路..... (8)
- 1—3 电磁的基本知识..... (20)
- 1—4 单相交流电路..... (29)

## 第二章 三相交流电路和三相异步电动机

- 2—1 三相交流电路..... (45)
- 2—2 三相异步电动机的构造..... (54)
- 2—3 旋转磁場..... (56)
- 2—4 异步电动机的工作原理..... (60)
- 2—5 异步电动机的转矩和机械特性..... (62)
- 2—6 异步电动机的铭牌..... (66)
- 2—7 安全用电..... (67)

## 第三章 空气锤的电气設備

- 3—1 中等容量鼠籠式异步电动机的起动问题..... (70)
- 3—2 用自耦变压器降低电压起动..... (71)
- 3—3 鼠籠式异步电动机的星形——三角形换接起动..... (73)
- 3—4 空气锤的起动设备及其控制线路..... (75)

## 第四章 J31—250型閉式单点压力机的电气設備

- 4—1 绕线式异步电动机的起动..... (82)
- 4—2 滑块封闭高度调节的控制线路..... (87)
- 4—3 压力机各种工作规范的控制线路..... (88)

4—4	曲轴位置指示、超负荷保护等其它控制线路·····	(93)
4—5	继电器—接触器控制线路的设计步骤举例·····	(96)
资料一	300吨四柱万能液压机的电气设备·····	(101)
资料二	10吨有轨操作机的电气设备·····	(103)

## 第五章 锻压机械电机和电器的选择

5—1	选择电动机的基本知识·····	(108)
5—2	锻压机械主电机容量计算·····	(111)
5—3	电动机结构型式的选择·····	(113)
5—4	电动机转速的选择·····	(115)
5—5	高转差电动机的应用·····	(115)
5—6	低压电器的选择·····	(117)
5—7	导线选择·····	(128)

## 附    录

### 一、交流电动机技术数据

1、鼠笼式异步电动机技术数据·····	(131)
2、绕线式异步电动机技术数据·····	(135)
3、鼠笼型高转差异步电动机技术数据·····	(136)

### 二、常用低压电器技术数据

1、交流接触器·····	(138)
2、熔断器技术数据·····	(139)
3、热继电器技术据·····	(139)
4、空气式时间继电器·····	(141)
5、行程开关·····	(141)
6、中间继电器·····	(142)
7、按钮·····	(143)
8、自动空气开关·····	(144)
9、自耦减压起动器·····	(145)
10、阀用电磁铁·····	(146)



# 上册前言

遵循“教材要彻底改革”的指示精神和理论联系实际的原则，上册内容在于重点培养学员具有阅读和分析中等复杂程度的继电——接触器控制线路的能力，并能选择常用的电机和控制电器，掌握电路和电磁的基本知识。为此，安排了锻造（空气锤）和冲压（曲柄压力机）机械的典型控制线路（三、四章）和常用电机、电器选择的内容（第五章）。把三相电路结合异步电动机编成第二章，把单相电路，电磁铁等编写为第一章。这样编写，力求把电工学的基本知识和具体的电气设备结合起来，用理论来分析实际问题。便于学员做到学以致用。

# 第一章 电路及电磁的基本知识

内容提要：

本章通过对小型锻压机械电路的介绍来学习基本电工量：电流、电压、电阻、电功率等；学习欧姆定律，掌握分析、计算简单电路的能力。通过对锻压机械常用电器（接触器、电磁铁等）的介绍来学习电磁基本知识；学习楞次定律，掌握分析线圈（电感）电路的能力。

我们在工厂的锻压车间里劳动，使用的生产设备有小型空气锤（几十公斤）、小型曲柄压力机（几十吨）等，它们的原动机都是电动机。

当我们需要这些生产机械工作时，只要按下起动按钮，电动机就旋转。工作完了，按下停止按钮，电动机就停下来。这种控制电路在一般机床、鼓风机、水泵等生产设备上也采用，这种控制电路是比较简单的也是常见的。我们就从这种电路作为学习“锻压电工学”的开始。

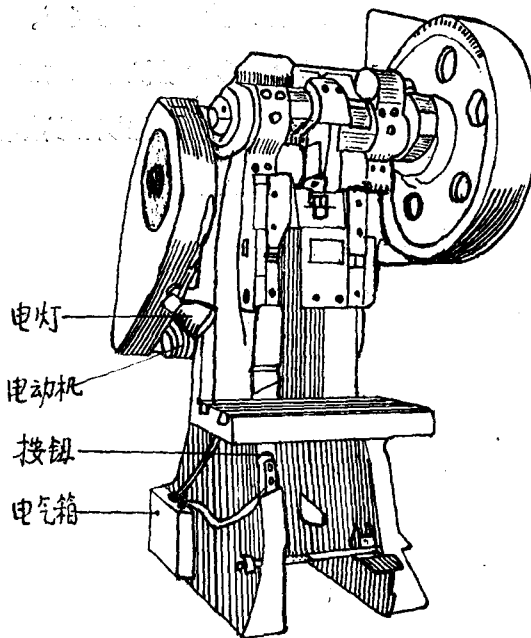


图1—1 JE23—60型压力机的  
外型及电气装置图

## 1—1 对电路的初步认识

### 一、JE23—60型压力机的电气设备

今以JE23—60型压力机为例（如图1—1），它安置的电气设备有J0<sub>2</sub>—42—4型5.5瓩的三相交流电动机、有CJ8型交流接触器及JR15型热继电器（安装在电气箱内）、还有控制按钮及36伏照明装置。这台压力机用一只三相闸刀开关与电源接通。由三相电源、控制电器与用电设备（电动机与照明灯），用导线按一定电路联接起来，就组成这台压力机的电气系统，图1—2就是它的电气系统图（未包括照明系统）。

JE 2 3—6 0型压力机的电气系统图中，K是闸刀开关，闸刀开关起接通电源或隔离电源的作用，它的外型结构见图1—3。按钮QA、TA通过交流接触器CJ，控制电动机D的运行。我们先来介绍交流接触器的作用及动作原理，图1—4 (a) 是它的动作原理示意图。

接触器就是利用电磁吸力来带动的开关。电磁吸力产生于固定铁芯1、衔铁2 (动铁芯)和吸引线圈3，这三者构成一个电磁铁。当线圈3与电源接通，电流通过线圈，固定铁芯1被磁化，吸引衔铁2，吸力克服弹簧4的张力，衔铁就带动绝缘联杆5，使动触头6与静触头7闭合 (主触头和辅助触头都闭合) 完成接通电路的动作。当线圈3与电源断开，线圈中没有电流，电磁吸力消失，弹簧4的张力把动、静触头分开，切断了电路。

线圈3断电时，电磁铁没有吸力，此时称接触器为“释放状态”或称“常态”。常态时处于分开状态的触头，称为“常开”触头，图1—4 (a) 中均为常开触头，图1—4 (b) 为接触器的线圈和触头的图形符号。

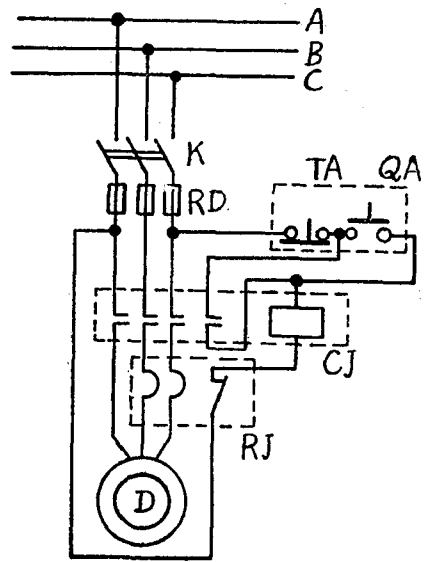
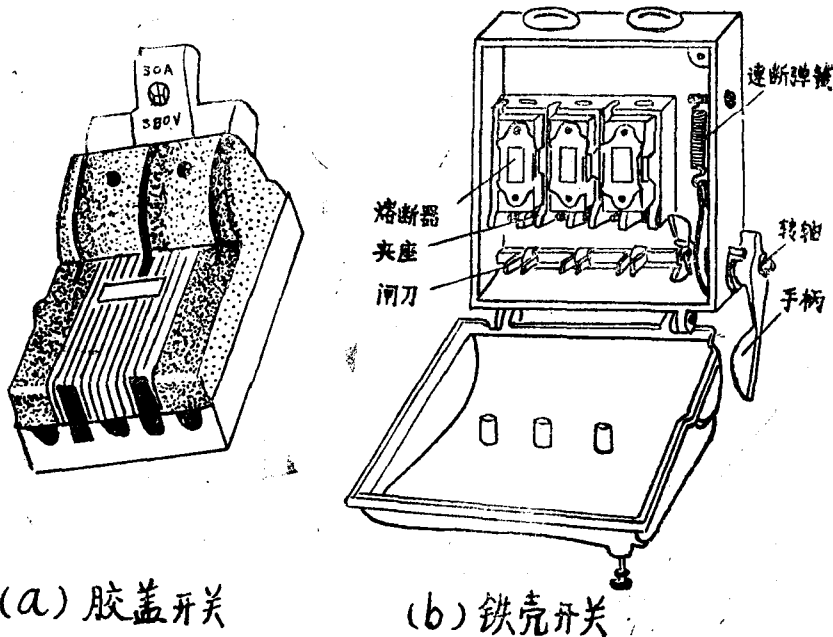


图1—2 小型压力机电气系统图



(a) 胶盖开关

(b) 铁壳开关

图1—3 胶盖开关及铁壳开关

控制按钮的形式很多，图1—5

(a) 为LA<sub>2</sub>型按钮元件示意图。它的触头有“常开”与“常闭”两种，未按时处于分开状态的叫常开，处于闭合状态的叫常闭。图1—5 (b) 是按钮的符号。

车间中的电源，都为三相交流电源。三相交流电源一般有四条输电线，其中三条是端线（通称火线），在电路图中一般註以A、B、C字母，分别称为A相、B相、C相；另一条

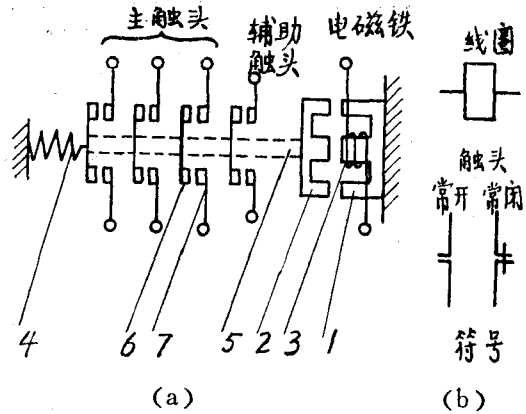
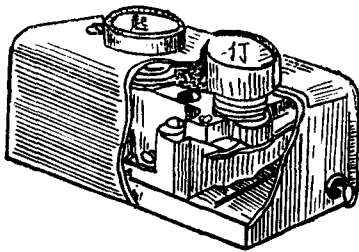


图1—4 接触器动作原理图

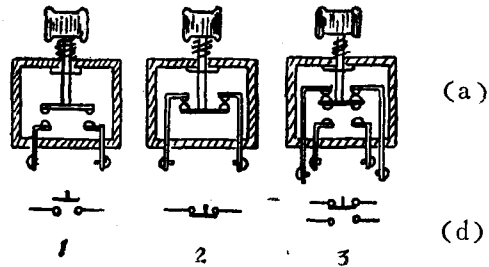


图1—5 按钮示意图及符号

是中线（通称零线或地线），用字母0表示。常用的三相交流电源，火线与火线之间电压为380伏（A与B、B与C，C与A均是），而火线与地线之间电压为220伏（A与0、B与0、C与0都是）。三相交流电动机是接到电源的三条火线A、B、C上。如图1—6所示。

从三相电源上，引出了一条火线并与地线分别接到插座或两刀的闸刀开关的两接线柱上，就是单相220伏电源。一般照明设备是单相用电器，需要220伏电压，就接到单相电源上。

图1—2中，还有熔断器RD和热继电器RJ，它们在电路中起保护作用，这些电器以及电动机在后面再介绍。下面我们来讨论JE23—60

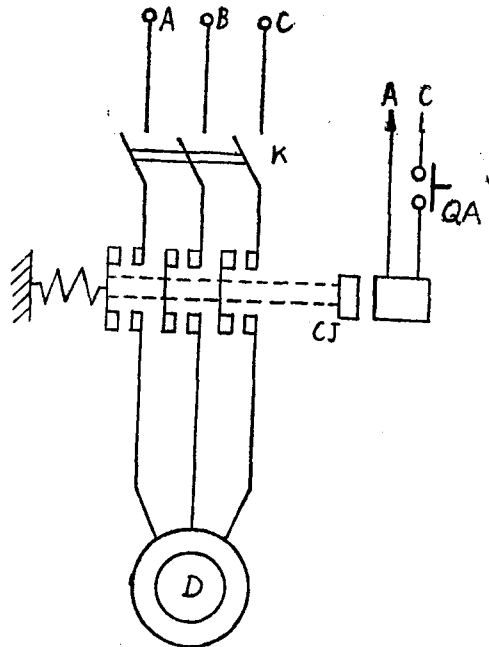


图1—6 电动机启动控制电路

型压力机电气系统的工作情况。

## 二、压力机的控制电路

我们先来分析图1—6的电路。三相电源A、B、C经三相闸刀开关K和接触器CJ的三个主触头通向三相电动机D、构成主电路。接触器CJ的吸引线圈通过按钮QA接到控制电源，构成控制电路。因为接触器CJ的吸引线圈需要380伏电压，所以就用三相电源的任意两条火线当作控制电源。

在图1—6电路中，开关K闭合后，电动机D还没有与电源接通。当按下QA按钮，控制电路接通，接触器线圈CJ有电流通过，则衔铁被吸合，带动主触头使其闭合，电动机与电源接通而旋转。当松开按钮时，控制电路断开，电磁铁失去电磁吸力，弹簧使衔铁复位，主触头分开，则电动机停止旋转。对于这样的电路，按一下QA按钮，电动机动一下，故适用于需要电动机经常起动和停车的工作情况（称为寸动），如曲柄压力机封闭高度调节，电葫芦吊车的控制等。

如上所述，电动机的旋转与停止不是由刀开关直接控制的，而是使接触器线圈通电，用主触头的闭合和断开来控制电动机的。利用接触器来控制电动机的好处在于：流过接触器线圈的电流通常都较小，这样就可通过控制电路中接触器线圈电流的通、断，来控制主电路中电动机大电流的通断。由于控制电路中的电流小，所以操纵用的电器和按钮等的触头、触头的接触压力以及电器的体积，都可以做得较小，这样，操作按钮（或其它电器）时就轻便、灵活；而且可以把很多按钮集中在一起实现集中控制；另外，由于电流小可以用细导线把按钮或其它操纵电器接到较远的地方，进行远距离操纵。

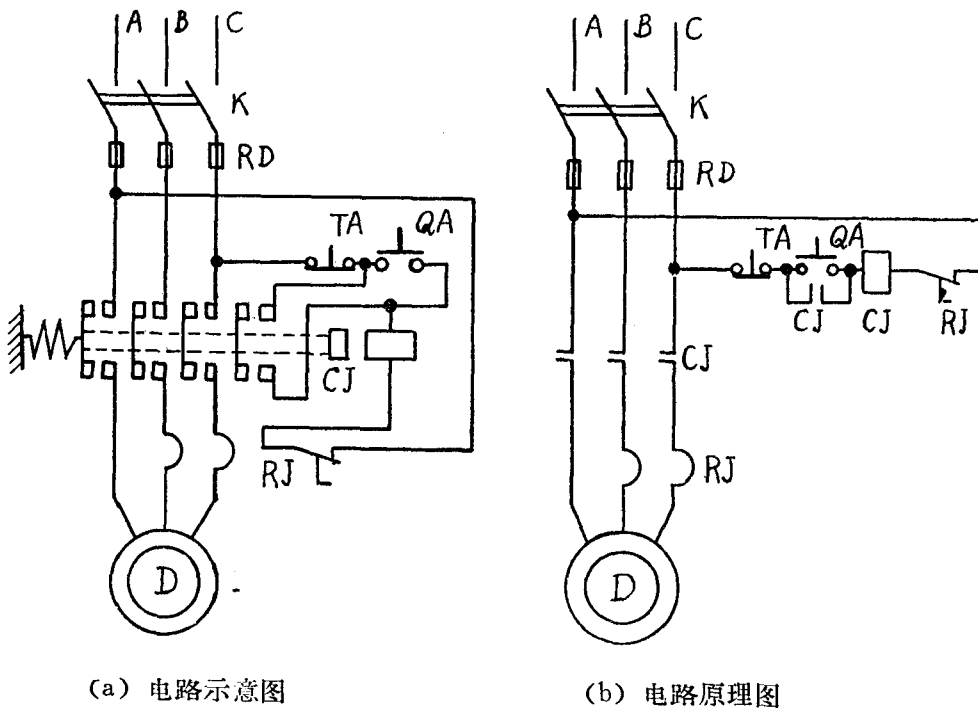


图1—7 电动机的控制电路

在需要电动机作连续运转时，可在图1—6电路中，再加上接触器的自锁触头和停止按钮，就构成图中1—7的电动机控制电路。

在图1—7中，起动按钮QA与接触器CJ的常开辅助触头并联，再与接触器CJ的吸引线圈、停止按钮TA串联起来接到电源，构成控制电路。

刀开关K闭合后，按下起动按钮QA，控制电路接通，有电流通过接触器线圈CJ，接触器动作使主电路接通，则电动机旋转；同时与按钮QA并联的接触器辅助触头也闭合，这样，当手松开起动按钮QA后，接触器线圈通过已闭合的辅助触头继续接通，故接触器不释放，电动机就可以长期旋转。利用接触器常开辅助触头保持控制电路接通的作用，叫作“自锁”作用，也叫“自保”，这对辅助触头也叫“自锁触头”。当需要电动机停止时，按一下停止按钮TA，则控制电路断电，接触器释放，主触头与自锁触头都断开，电动机停止。

图1—7(a)是电路示意图，画起来较麻烦，当应用的电器元件较多时，就难以画出。故通常使用的电路原理图，都是把电器元件用规定的符号和字母表示，如图1—7(b)所示。在电路中，同一电器元件的各部分可以分开画出，但必须註以相同的字母。例如：接触器的主触头画在主电路中，而接触器的吸引线圈及辅助触头画在控制电路中，它们都註上字母CJ，表示它们都是属于一个接触器的。

在图1—7中，再加上起保护作用的熔断器和热继电器，就是图1—2的小型压力机电气系统图。

通过上述内容学习，我们对小型锻压设备上应用的电气元件以及它们所组成的电路，有了初步认识。下面我们结合照明电路、线圈电路及接触器、电磁铁等来学习电路及电磁的基本知识。

## 1—2 直 流 电 路

### 一、电路的组成

在上一节中已经介绍过压力机的控制电路，如图1—8所示。压力机的照明电路，可用图1—9来表示。从图1—8和1—9中可以看出，构成一个简单电路，必须由电源、联接导线、控制开关及用电设备等组成。当合上开关，（或按下按钮）电路中就有电流流过，所以电路就是电流流通的路径。

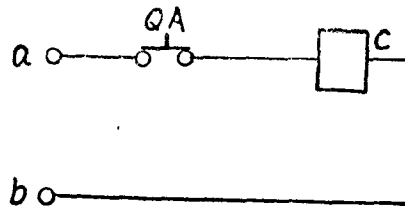


图1—8 接触器线圈电路

当电路中有电流时，如果是控制电路，接触器的铁芯就产生吸力，使接触器动作；如是照明电路，灯泡就发光。下面我们先了解一下什么是电流？

### 二、电流

金属导体中有大量自由电子，自由电子带有负电荷，平时处于杂乱无章的热运动状态，所以对于导体任何截面来说，通过的电荷数量（电量）平均为零，导体中没有电流。

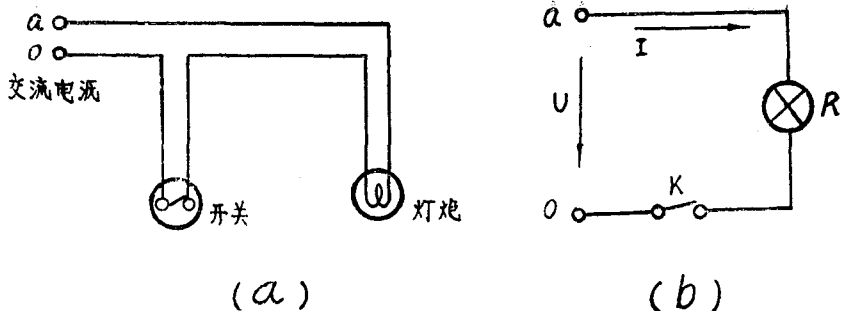


图 1—9 照明电路及原理图

当导体与电源接通构成一个电路时，在电源电压作用下，导体中的自由电子就受到电源正电荷的吸引、负电荷相斥的作用，自由电子就作定向运动，这种电子的定向运动就形成电流。

电流的大小，以单位时间内通过导体截面S的电量（电量的单位是库仑）来表示，参考图1—10。电流用字母I或i来表示。

$$I \text{ (电流)} = \frac{Q \text{ (电量)}}{t \text{ (时间)}} \quad (1-1)$$

$$\text{瞬时电流 } i = \frac{dQ}{dt} \quad (1-2)$$

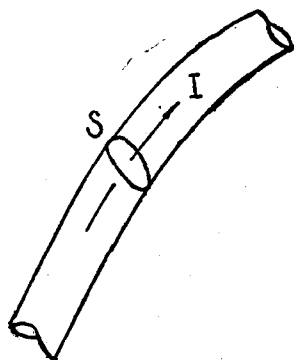


图 1—10 导体中的电流

电流的单位是安培，符号为A，在1秒钟内通过导体截面的电量为1库仑时，则电流为1安培。在晶体管电路中电流通常很小，常以毫安（mA）、微安（ $\mu\text{A}$ ）为单位（ $1\text{mA} = 1 \times 10^{-3}\text{安}$ ， $1\mu\text{A} = 1 \times 10^{-6}\text{安}$ ）。

电路中电流的大小可用安培计来测量。把安培计与用电器串联，安培计的读数就是电路中电流的大小（图1—11中A是安培计的符号）。

电流是金属导体中自由电子（负电荷）定向运动形成的。但是，在电学发展过程中，习惯上规定正电荷移动方向就是电流的方向（与导体中自由电子定向移动方向相反）。

电流还可分为直流、交流。如果电流的大小和方向都不随时间而变（如图1—12（b）所示），这样的电流就叫做恒定电流，简称直流，用大写字母I来表示；如果电流的大小和方向都随时间而变化（如图1—12（a）所示），则称为交变电流，简称交流。交流将在1—4节中介绍。

### 三、电压和电位

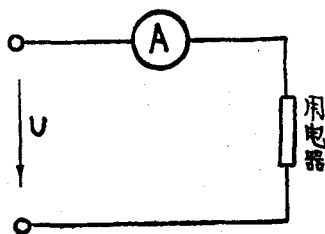


图 1—11 电流的测量

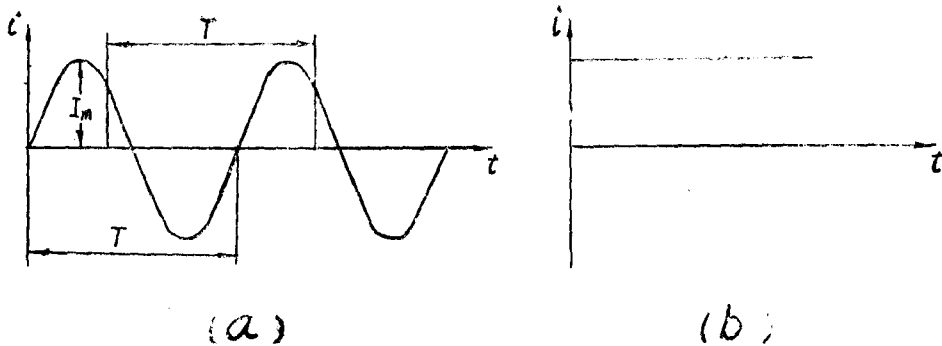


图 1—1 2 电流波形图

为什么在电源电压的作用下，电路中会有电流呢？我们用水的流动情形来作比喻。水龙头水流出是因为水塔的水位高，水总是由高水位流向低水位，也就是说，水管中水流的条件是水管的两端存在水位差。要维持水流不断，就要维持水位差的存在，所以，要有水泵不断的把低处的水（低水位）压上水塔（高水位）。同理，电路两端有了电位差，就有电流通过用电器。

电源就相当于水泵，它经常使其两极有电位差存在。例如电池，由于其内部化学作用，使电池正极电位高于负极电位。这里电位的高低是由于化学作用形成的（发电机是由于电磁感应形成电位差的）与电池两个极的位置高低无关，水位的高低仅是比喻，不可混淆。

电位用字母 $\varphi$ 来表示。电位差又称为电压，用字母 $U$ 表示。图 1—1 3 中，电源两端电位分别为 $\varphi_a$ 和 $\varphi_b$ ，电源电压 $U$ 就是：

$$U = \varphi_a - \varphi_b \quad (1-3)$$

电位和电压的单位是伏特，符号为 $V$ 。计量微小电压时，以毫伏（ $1\text{ mV} = \frac{1}{1000}\text{ V}$ ）。

一节干电池电压约 1.5 伏特；一般照明电路电压是 220 伏特。

测量电路两点之间电压（即电位差）用伏特计。将伏特计接在电路两点间，伏特计的指示值就是该两点间的电压。如图 1—1 3 所示，图中 $V$ 是伏特计的符号。

在照明，控制和动力电路中，一般用的是电压，在晶体管电路中，常用电位这个概念来分析电路较为方便，所谓电路中某点的电位，就是该点与零电位点（接地点）的电位差。例如在图 1—1 4 所示的电路中，负载 $AB$ 接于 1.2 V 电源。图 (a) 中， $B$ 点接地（符号 $\perp$ 或 $\equiv$ 表示该点接地）， $B$ 点电位 $\varphi_B$ 为 0 V， $A$ 点比 $B$ 点高 1.2 V， $A$ 点电位 $\varphi_A$ 为 1.2 V；在图 (b) 中改成负载中点 $C$ 接地， $C$ 点电位 $\varphi_C$ 为 0 V， $A$ 点到 $B$ 点差 1.2 V，故 $\varphi_A$ 为 +6 V， $\varphi_B$ 为 -6 V。由此可见，当所选择的零电位点不同时，电位 $\varphi_A$ 、 $\varphi_B$ 均

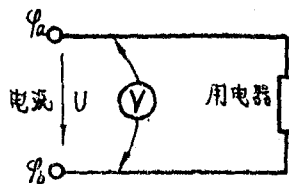


图 1—1 3 电压的测量



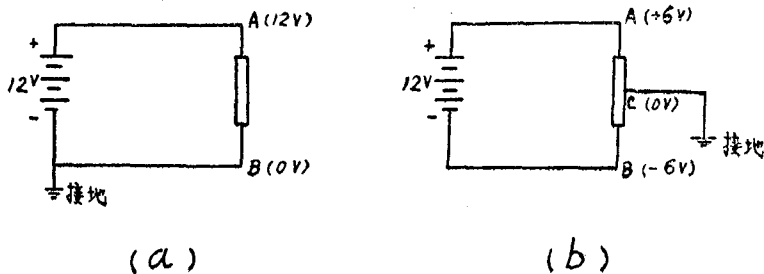


图 1—1 4 接地点不同电路中电位的变化

不同，而AB两点间的电压与所选的零电位点无关，两种情况均为 1 2 V，即

$$U_{AB} = \varphi_A - \varphi_B = 12\text{ V}$$

#### 四、电阻

以上介绍了电路中的电流、电源的电压，下面讨论一下电路中的用电器——负载。锻压机械常用的电器有照明用的白炽灯，控制用的接触器……等。这些电器虽然作用不同，但在电路中都可以用导电能力的大小来表示它们的特征。有的电器导电性能好，也就是对电流的阻力小，有的电器导电性能差，也就是对电流的阻力大。这种对于通电所表现的阻力，称为电器或负载的电阻。电阻用字母R表示，单位是欧姆，简称欧（Ω）。在晶体管电路和测量绝缘电阻时，常用千欧（KΩ）或兆欧（MΩ）。

$$1\text{ 千欧 (K}\Omega) = 1000\text{ 欧 (}\Omega)$$

$$1\text{ 兆欧 (M}\Omega) = 1000000\text{ 欧 (}\Omega)$$

负载都是由导线或金属丝做成的，也就是由金属导体制成的。导体为什么会有电阻呢？我们知道，电流是导体中的自由电子在电压的作用下作定向运动形成的，在自由电子作定向运动时会与其它电子、原子核发生碰撞，这就形成电流通过的阻力，形成导体的电阻。导体或负载的电阻值可以用万用表测量。

导体电阻的大小与导体长度成正比，与截面积成反比。这以水管为比喻是容易想象的，水管愈细愈长，对水流通过的阻力就愈大。另外，导体的电阻与导体的材料有关。电阻R可用下式表示，

$$R = \rho \frac{l}{S} \quad (1-4)$$

式中：R——导体的电阻，单位是欧姆；  
 l——导体的长度，单位是米；  
 S——导体的截面积，单位是平方毫米；  
 ρ——电阻系数。

同样长度和截面积的导体，导体的材料不同，其电阻不同。截面积 1 mm<sup>2</sup>、长度