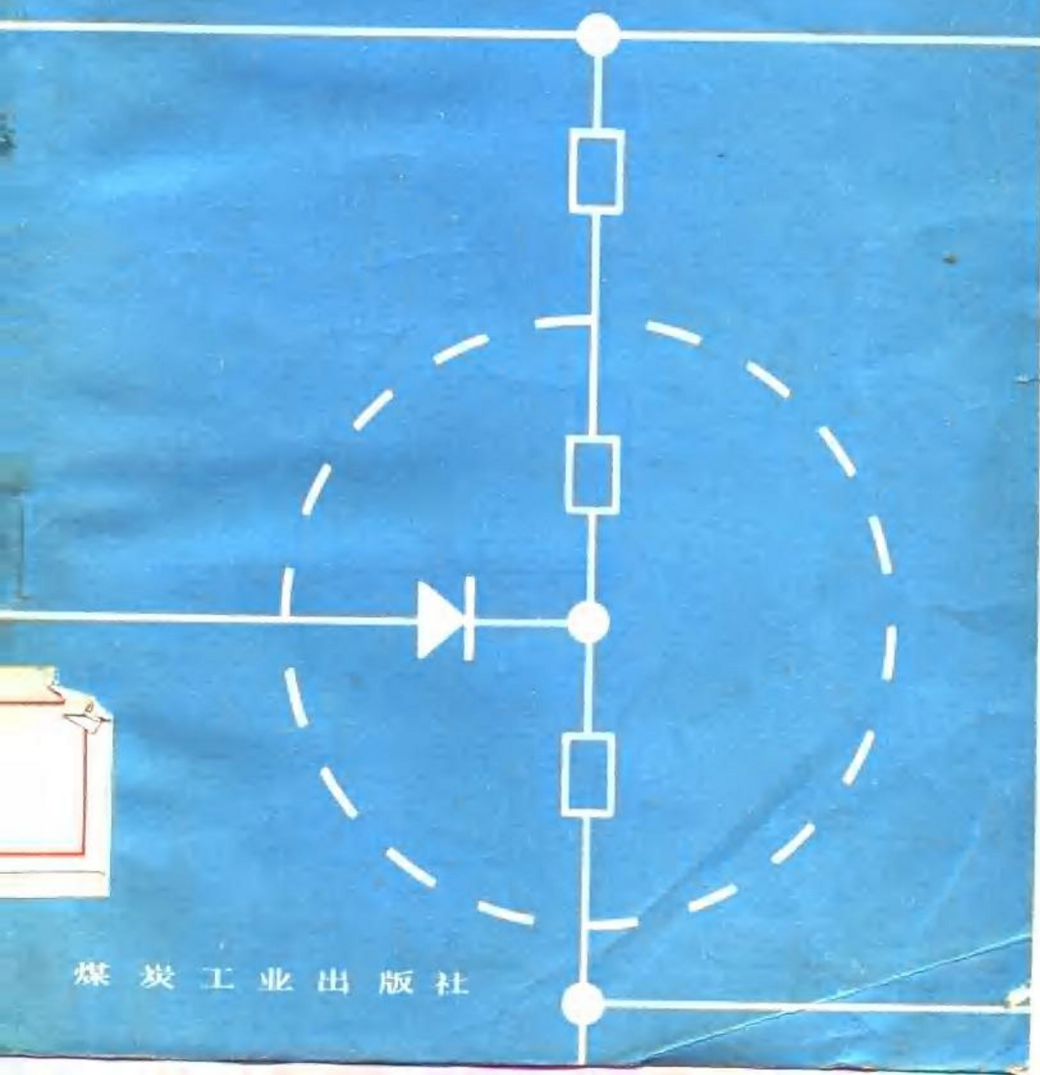


# 怎样看

## 矿山电气线路图

王 玉 编



煤炭工业出版社

TD6  
12  
3

~~TD6  
9~~

# 怎样看矿山电气线路图

王 玉 编

12/93

煤炭工业出版社

**B** 144593

---

## 内 容 提 要

本书专门介绍典型的矿山电气线路图的分析方法。书中简单叙述了电气线路图的特点及一般电工系统图的常用图形符号,较详细的介绍了基本功能单元即常用的基本电子线路。对矿山中典型的输配电电气线路、电力拖动与控制线路、矿山信号通讯及遥控遥测等线路作了比较详细的分析与解剖,把复杂的线路分解为许多较简单的标准线路,达到看懂电气线路图的目的。该书尽量突出物理概念,不用或少用数学。适合于具有中等文化程度,有一定电工原理基础知识的生产工人和管理干部阅读,是本矿山电气工人进行自学的通俗读物。

责任编辑:刘庆韶

## 怎样看矿山电气线路图

王 玉 编

\*

煤炭工业出版社 出版

(北京安定门外和平北路16号)

煤炭工业出版社印刷厂 印刷

新华书店北京发行所 发行

\*

开本 $850 \times 1168^{1/32}$  印张 $5^{3/4}$  插页 5

字数 149 千字 印数 1—12,620

1984年12月第1版 1984年12月第1次印刷

书号15035·2635 定价1.30元

## 前 言

一个电气工作人员要熟悉电气线路图，就好比军事指挥员必须熟悉作战地图一样重要。要当好一个电工，首先要能看懂和分析电气线路图，了解各部分的因果关系，以便更好操作电气设备，较快的寻找和分析故障，保证机电设备安全、经济运行。本书内容由浅入深，由简到繁，尽量不用或少用数学，多用物理概念分析矿山常用的电气线路图。故便于电工、年青技术人员及其他工种的工人自学之用。

电气线路图千头万绪，识图较难，但还是有规可循，一般说来，必须注意以下几点：

1. 首先弄清电气设备是干什么用的。
2. 分析电气线路图一定要结合弄清每个元件的性能、功能和工作原理。对某些元件及其性能不一定要会定量分析（即不一定要会计算），但必须弄清其物理过程和定性的要求。
3. 对动力用电设备，首先要弄清电力的流程，将动力线路和为它服务的控制线路分开。
4. 对通讯设备，首先弄清信号的流程，并从直流供电电源开始，沿着信号流程把各部份分析清楚。

本书在编写过程中，煤炭部外事局成国柱同志曾审阅书稿并提出宝贵意见，谨表谢意。由于作者水平所限，书中缺点和错误之处，敬希读者提出意见。

编 者

# 目 录

|                                     |     |
|-------------------------------------|-----|
| 第一章 电气线路图概述 .....                   | 1   |
| 第一节 电气线路图有哪些特点 .....                | 1   |
| 第二节 电工系统图常用的图形符号 .....              | 1   |
| 第三节 基本电子线路 .....                    | 6   |
| 第四节 怎么分析复杂的电气线路图 .....              | 34  |
| 第二章 矿山输配电电气线路的分析 .....              | 37  |
| 第一节 概述 .....                        | 37  |
| 第二节 工作面配电点的典型电气线路 .....             | 38  |
| 第三节 采区变电所的典型电气线路 .....              | 45  |
| 第四节 井下中央变电所的典型电气线路 .....            | 50  |
| 第五节 地面变电所的典型电气线路 .....              | 54  |
| 第三章 矿山电力拖动与控制线路的分析 .....            | 75  |
| 第一节 概述 .....                        | 75  |
| 第二节 井下采掘运电气控制线路的分析 .....            | 79  |
| 第三节 电机车线路的分析 .....                  | 89  |
| 第四节 压气机、通风机、排水水泵固定设备电气控制线路的分析 ..... | 101 |
| 第五节 提升机控制线路的分析 .....                | 112 |
| 第四章 矿山信号通讯及遥控遥测线路的分析 .....          | 146 |
| 第一节 概述 .....                        | 146 |
| 第二节 电话电路 .....                      | 146 |
| 第三节 矿山遥控线路 .....                    | 157 |
| 第四节 矿山遥测线路 .....                    | 167 |

# 第一章

## 电气线路图概述

### 第一节 电气线路图有哪些特点

电工一般都知道电气线路图的重要性，因为它反映了电气设备的工作原理、工作过程以及各元件之间的相互关系。电气线路图和机械图相比有以下几个特点：

1) 机械图的位置尺寸是一定的，不能随便变动。电气线路图除安装图外，原理图和展开图的位置可以随便变动，只要线路不变就是，还可以把一个部件分开地画在几个地方。

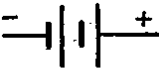
2) 机械图中的零部件都绘以原形，而电气线路图中的元器件都以代表符号来表示。

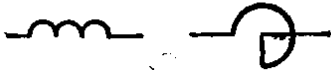
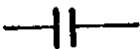
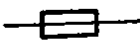
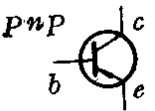
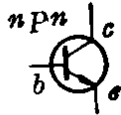
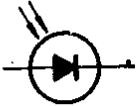
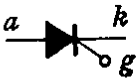
3) 读电气线路图时一定要和原理的分析相结合。如果对元器件的原理和功用一无所知，则无法分析线路和处理问题。

### 第二节 电工系统图常用的图形符号

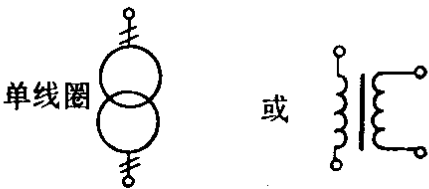
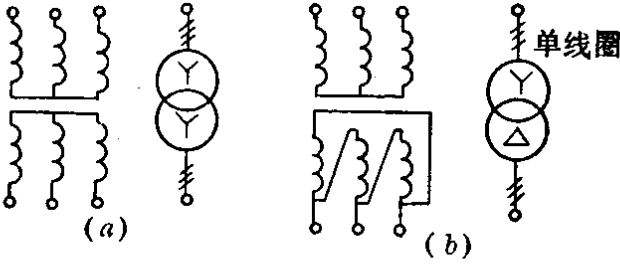
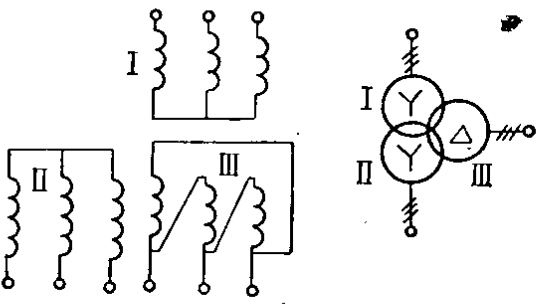
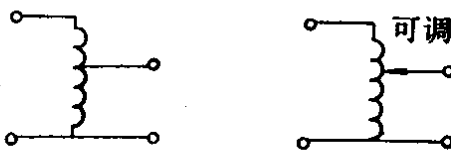
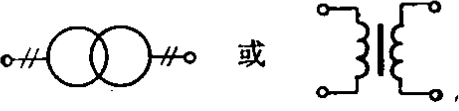
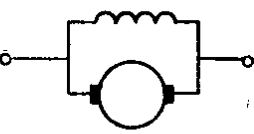
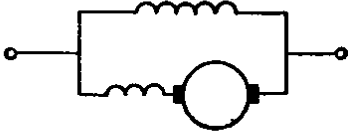
电工系统图中所用的元器件的代表符号有国家的统一标准，表1-1所示为一些常用的元器件图形符号：

表 1-1

| 名 称  | 图 形 符 号                                                                               |
|------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| 直流电源 |   |
| 交流电源 |  |

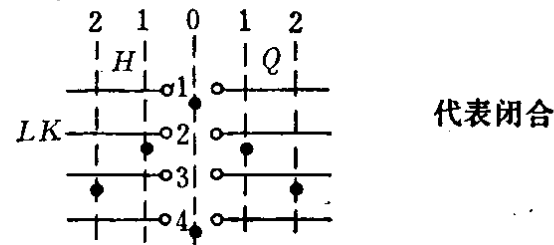
| 名 称          | 圆 形 符 号                                                                                                                                                                      |
|--------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 固定电阻         |                                                                                             |
| 可变电阻 (或电位器)  |                                                                                             |
| 电感线圈 (不带磁芯)  |                                                                                            |
| 电感线圈 (带铁芯)   |                                                                                             |
| 电感线圈 (带铁氧磁芯) |                                                                                             |
| 电 容 器 (一般符号) |                                                                                           |
| 电解电容器 (有极性)  |                                                                                           |
| 可变电容器        |                                                                                          |
| 熔 断 器        |                                                                                           |
| 半导体二极管       |                                                                                           |
| 半导体三极管       |      |
| 齐纳二极管        |  或  |
| 光电二极管        |                                                                                           |
| 可控硅管         |                                                                                           |

| 名 称             | 图 形 符 号 |
|-----------------|---------|
| 单极刀闸开关          |         |
| 多极刀闸开关          |         |
| 单极转换开关          |         |
| 自动空气断路器         |         |
| 油断路器            |         |
| 接触器 (线圈及触点)     |         |
| 控制继电器 (线圈及触点)   |         |
| 带时限的继电器触点       |         |
| (半圆弧方向代表带时限的方向) |         |
| 保护继电器 (电流, 电压)  |         |
| 保护继电器 (中间继电器)   |         |
| 瓦斯继电器           |         |

| 名 称      | 图 形 符 号                                                                              |
|----------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| 单相变压器    |    |
| 三相变压器    |    |
| 三相三线圈变压器 |   |
| 自耦变压器    |  |
| 电压互感器    |  |
| 电流互感器    |  |
| 串激式直流电动机 |  |
| 并激式直流电动机 |   |
| 复激式直流电动机 |  |

| 名 称                                            | 图 形 符 号 |
|------------------------------------------------|---------|
| 单相交流电动机                                        |         |
| 鼠笼式异步电动机                                       |         |
| 绕线式异步电动机                                       |         |
| 三相交流同步电动机                                      |         |
| 自整角机（位置指示式）<br>（发送器与接收器在位置上同步）                 |         |
| 自整角机（变压器式）<br>（输出电压 $U_{bc}$ 与角度 $\theta$ 成正比） |         |
| 磁放大器<br>（输出正比于输入信号）                            |         |

续表

| 名 称                                 | 图 形 符 号                                                                            |
|-------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| 按 钮                                 |  |
| 控制器或操作开关<br>(或用表格表示闭合情况如<br>表3-1所示) |  |
| 电气仪表                                |  |

注：磁放大器是放大慢变的直流信号。输入有几个端子Ⅰ，Ⅱ，Ⅲ。如果极性相同则相加，如果极性相反则相减，交流端子 $U_N$ 是为磁放大器励磁用的。

第三节 基本电子线路

一、概述

随着电子技术的飞速发展，煤矿电气设备中经常出现一些电子线路，而且有比重越来越多的趋势。如果不对基本的电子线路有所了解，要分析稍为复杂些的电路就会产生困难。电子线路在有关书籍中均有介绍，这里只归纳一下各种典型的功用，对较为复杂的电子线路也稍加叙述其原理。

二、整流电路

把交流变成直流的电子线路称为整流电路。整流电路是利用了半导体二极管的单向导电特性。

(一) 单相整流电路

单相半波、全波和桥式整流电路及输出波形画于图1-1之中。显然，输出的波形还不是真正的直流，必须用电感线圈和电容器组成的滤波电路将其平稳后，才能变为真正的直流。图1-2是加了滤波器后的桥式整流电路全图。

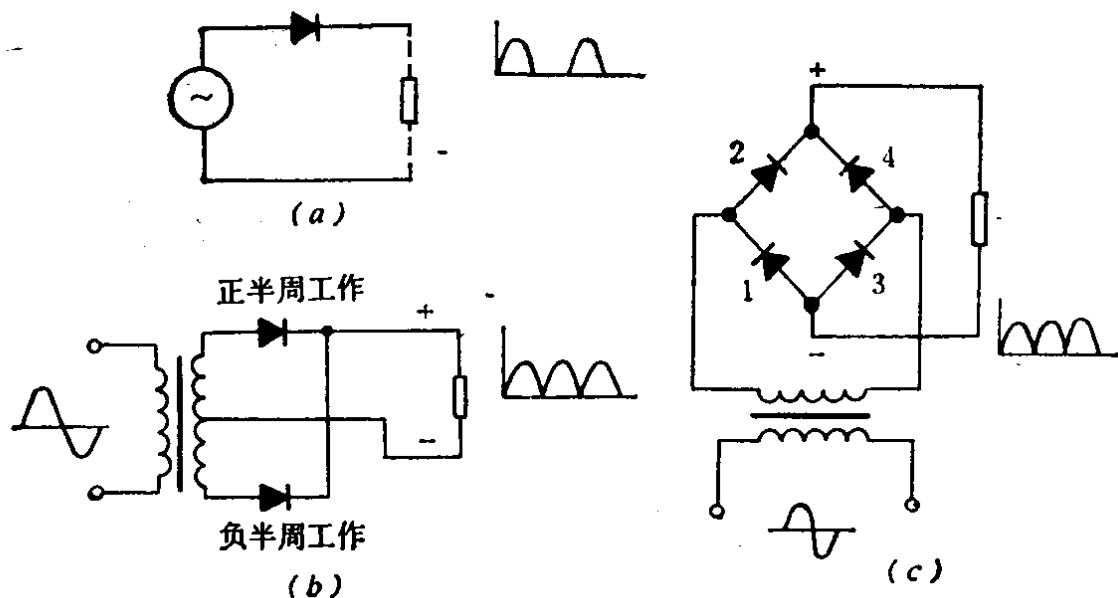


图 1-1 半波、全波和桥式整流器原理

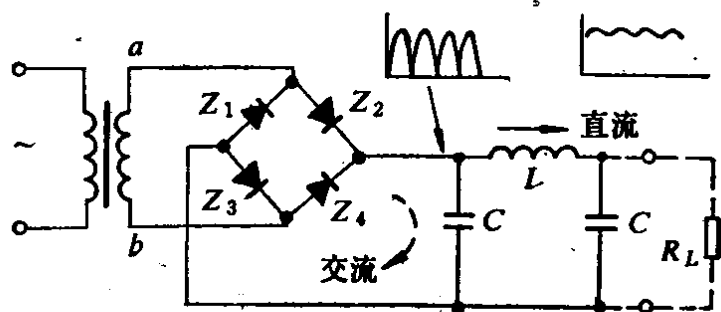


图 1-2 单相桥式整流全图

还有一种称为倍压整流电路的，它利用了电容器充放电和二极管的整流作用。线路如图1-3所示。在端子1、2之间（即在电容器 $C_3$ 、 $C_4$ 两端）可取出比桥式整流大4倍的直流电压。

## (二) 三相整流电路

图1-4 a 是三相半波整流电路的线路图。这三个二极管 $Z_1$ 、 $Z_2$ 、 $Z_3$ 是如何导通的呢？就要看它们两端所加的电压是正方向还是反方向。为了分析方便起见，我们将

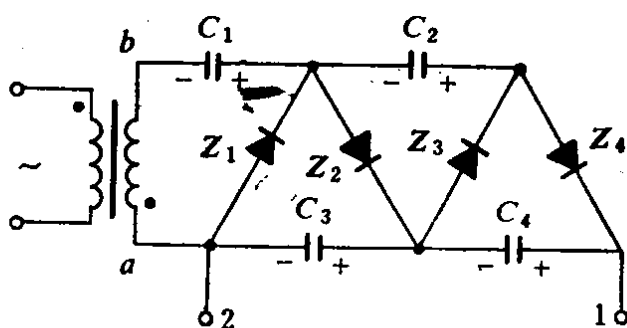


图 1-3 单相倍压整流

变压器 T 二次线圈的中点 0 看作零电位（在波形图1-4 b 上即为

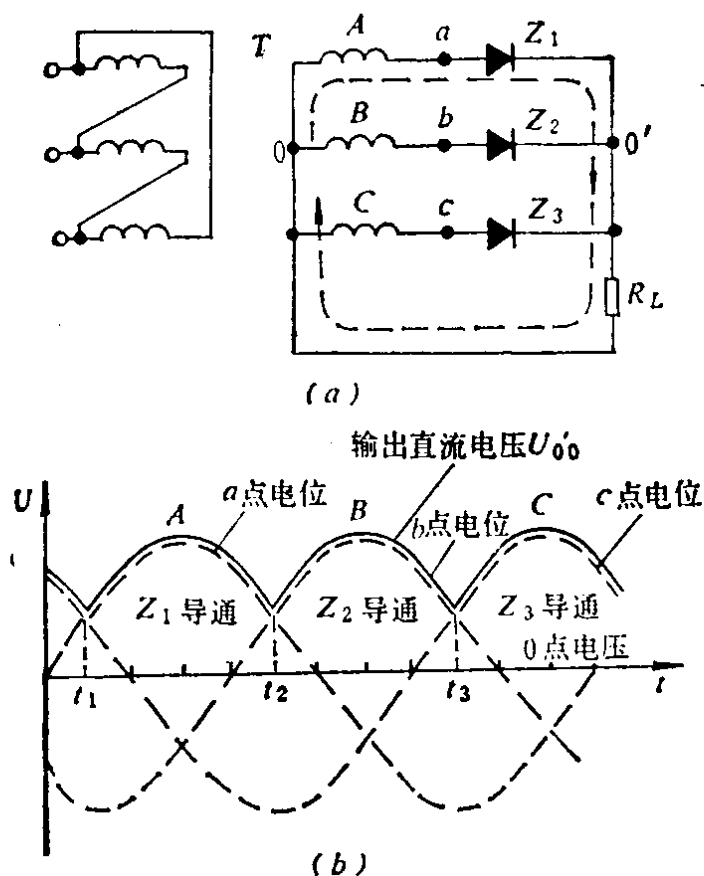


图 1-4 三相半波整流

横轴座标), 而变压器二次  $a$ 、 $b$ 、 $c$  各点的电位就如图上的三相波形曲线所示。在  $t_1 \sim t_2$  这段时间内,  $a$  点的电位为最高,  $b$  点和  $c$  点的电位都比它低, 对照图 1-4  $a$  可以看出,  $Z_1$  是正方向加电压而导通, 电流从  $a \rightarrow Z_1 \rightarrow 0' \rightarrow R_L \rightarrow 0 \rightarrow A$  而成回路 (虚线所示)。  $Z_2$  和  $Z_3$  则由于反方向加电压 (因为  $Z_1$  导通后  $0$  点电位等于  $a$  点电位) 而截止, 故在  $t_1 \sim t_2$  这  $1/3$  周期内是  $A$  相工作、 $Z_1$  导通。到  $t_2 \sim t_3$  这段时

间内, 由于  $b$  点的电位变成最高, 故  $B$  相工作,  $Z_2$  导通。同理, 到  $t_3 \sim t_1$  这段时间内,  $c$  点的电位为最高, 故  $Z_3$  导通,  $c$  相工作。这样, 二极管  $Z_1 Z_2 Z_3$  各导通  $1/3$  周期, 因而在负载电阻  $R_L$  上得到的电压  $U_L$  是三相波形的包络线, 如图 1-4  $b$  所示。

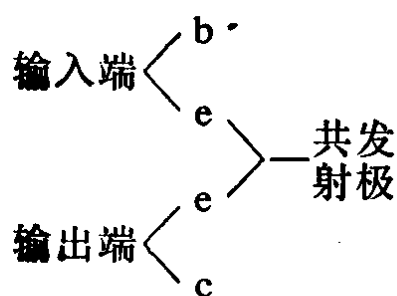
图 1-5  $a$  是三相桥式整流电路的线路图。为了便于分析起见, 我们可以以电阻  $R_L$  的中点为界, 把它看成二个三相半波整流的合成。如果以  $0$  点电位作参考零电位, 那么  $a$  点电位将如图 1-5  $b$ , 为三相波形正的部份的包络线,  $b$  点电位将为三相波形负的部份的包络线, 电阻两端的电压  $U_L$  是  $a$ 、 $b$  两点的电位差, 就可以画出如图 1-5  $c$  那样的输出电压。图上也标出了各个二极管轮流导通的情况。

### 三、放大电路

将信号放大的电子线路称为放大器。根据所放大的信号种类, 有交流放大器和直流放大器两大类。

# (一) 交流放大器

最简单的交流放大线路如图1-6所示，其中图1-6 a 是以变压器耦合的，图1-6 b 是以电容器耦合的，这种放大电路叫共发射极放大电路，因为输入信号和输出信号的公共端子是发射极 e，用图表示如下：



实际的共射极放大电路接成图 1-7 那样，这里增加了电阻  $R_b$ 、 $R_c$  和电容  $C_e$ ，其功用是稳定电路工作而用的，这

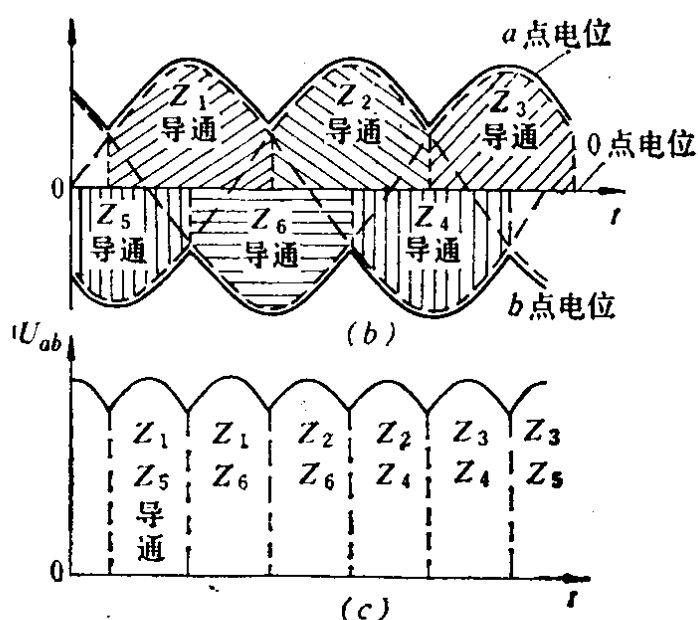
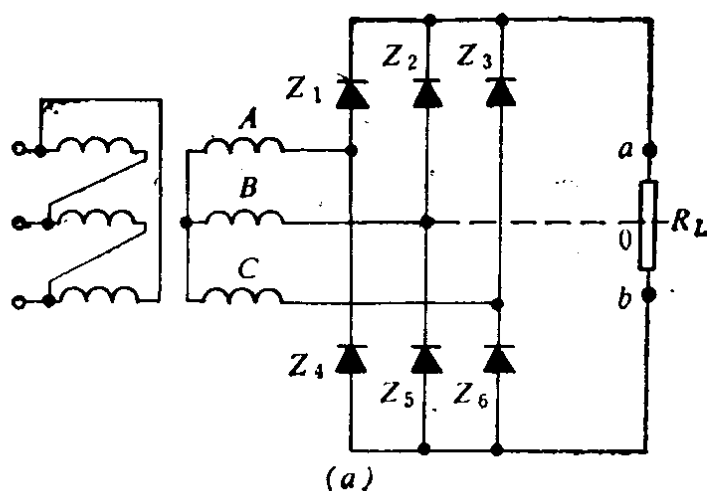


图 1-5 三相桥式整流

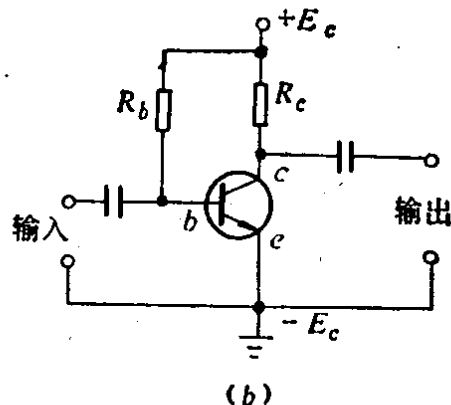
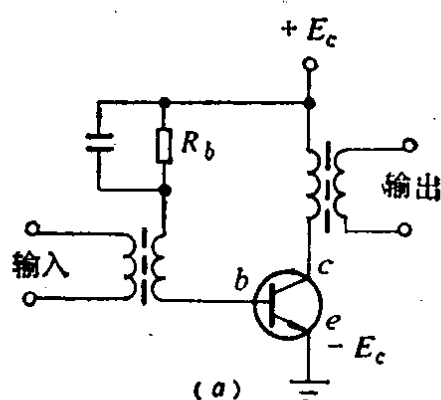
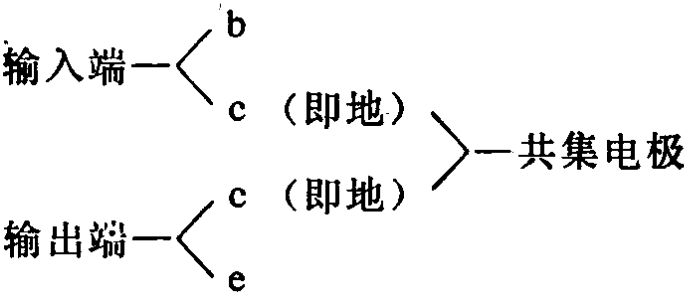


图 1-6 共射极放大电路

个标准放大电路十分常见，必须记住。

如果把放大电路接成图1-8那样，这种电路就称为共集电极放大电路或射极输出（跟随）器。用图表示如下。



这种放大电路不放大电压而是放大电流，往往工作为几级相串的放大电路中的缓冲级，用得也是较多的。

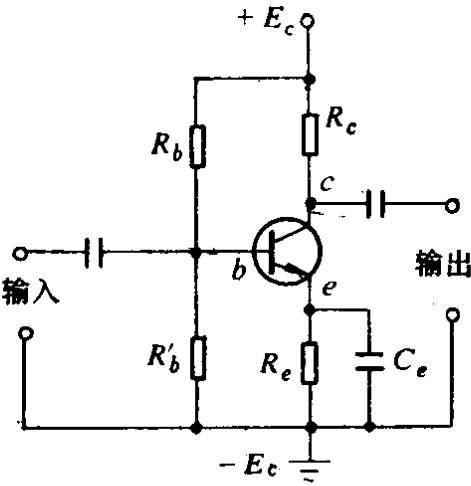


图 1-7 共射极放大标准电路

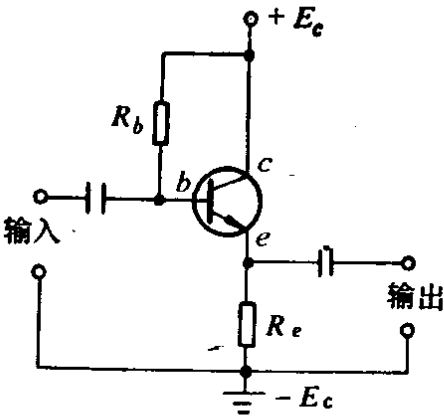


图 1-8 共集电极放大电路

还有一种叫推挽式放大电路的如图1-9所示，这时二个管子 $T_1$ 和 $T_2$ 各放大信号的一半，这种放大电路的输出信号幅度可以比单管的交流放大器大一倍，常用在收音机最后一级的功率放大上。

### (二) 直流放大器

直流放大比交流放大要复杂得多。如果采用图1-10那样直接耦合的放大电路（即把图1-6中的耦合电容或变压器去掉，以便让直流信号通过），那么在这个电路中，由于晶体管温度所引起的电流变化会和直流输入信号混在一起而无法分开，使得输出信号不能反映输入信号的大小，这就叫零点飘移现象。为了克服零点飘移，人们采用了图1-11那样的差动放大线路。

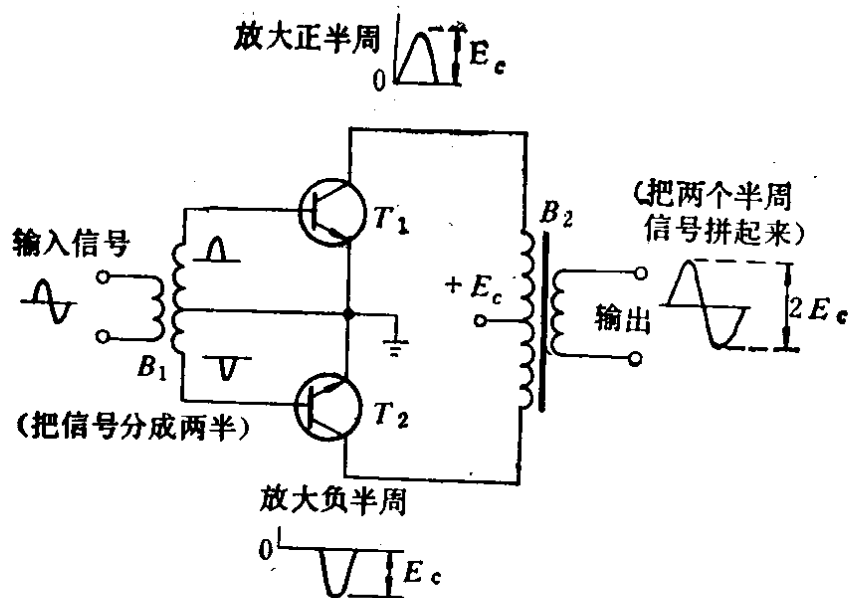


图 1-9 推挽放大电路

差动放大线路好比一个电桥,因为电路是对称的,当没有直流输入信号时,二个晶体管 $T_1$ 、 $T_2$ 的电阻 $R_3$ 和 $R_4$ 相等,电桥处于平衡状态,端子 $a$ 和 $b$ 之间就没有直流输出电压。当有直流输入

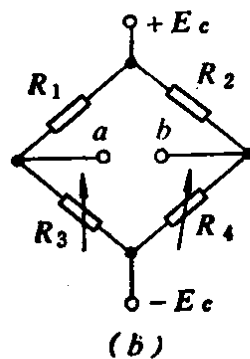
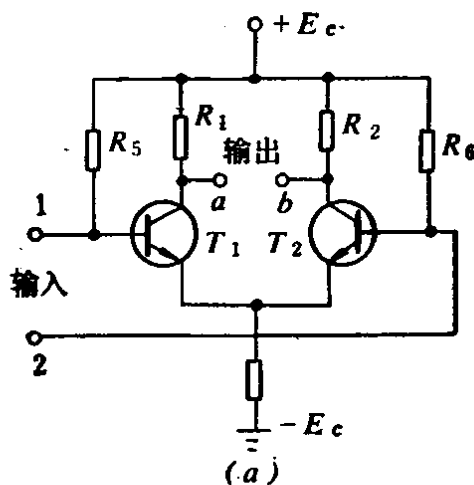


图 1-10 直接耦合直流放大器

图 1-11 差动直流放大器

信号时,一个管子趋向导通,相当于阻值 $R_3$ 减小,另一个管子趋向截止,相当于阻值 $R_4$ 增大,电桥便失去平衡, $ab$ 之间就有电压输出,其大小与输入信号成正比,这就是差动放大的原理。对晶体管温度所引起的飘移电压来说,它对二个管子的作用效果,是同

时使 $R_3$ 和 $R_4$ 增大或减小，这种信号叫共模信号，共模信号不会引起电桥不平衡，即ab间不会有输出。这样就把信号电压和零点飘移的干扰给区别开来了。差动放大线路只放大输入的直流信号，不放大温度所引起的共模飘移电压。

把图1-11a的线路整体地制造到一块半导体晶片上去，这就是集成电路线性放大器，简称线性集成电路，图1-12a 是国产8FC 1型线性集成电路的外形和线路图。在图例中，这样一个放大器就用一个三角形符号来代表，不再画其内部的具体线路，如图1-12b所示。

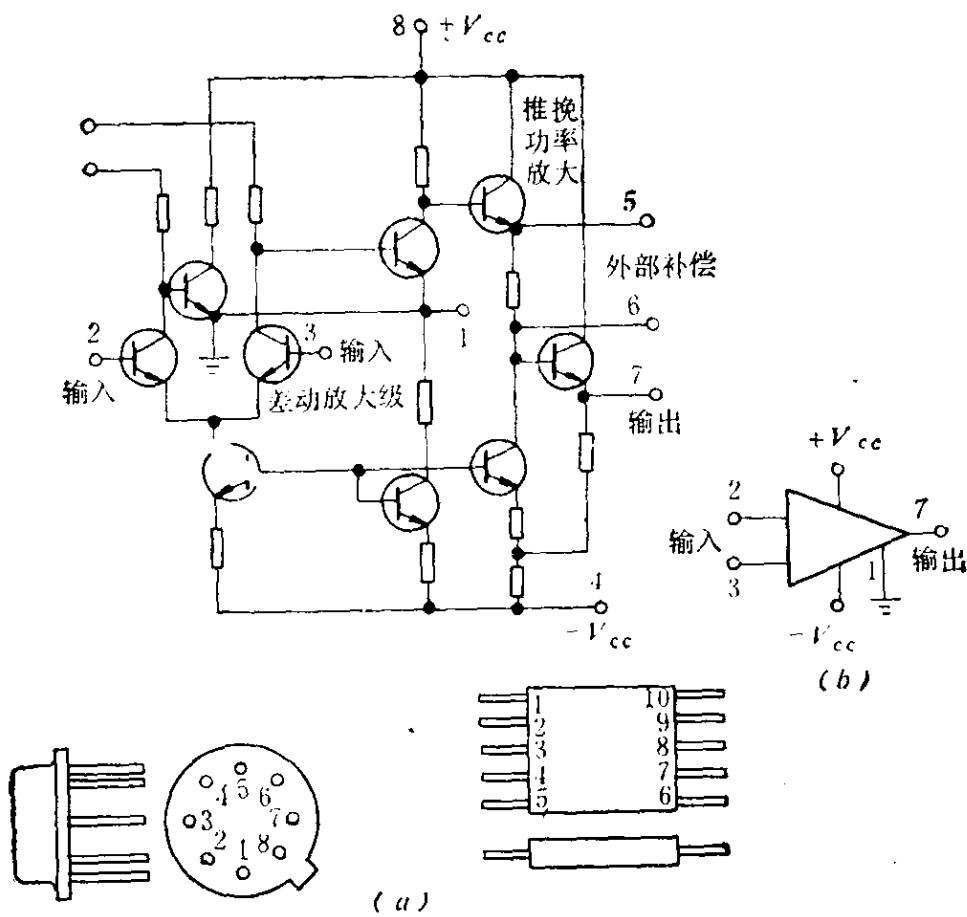


图 1-12 集成电路线性放大器

### (三) 怎么分析放大电路？

放大电路的分析方法是“找出电源，抓住两头”。一个电路不管它怎么复杂，先把直流电源找出。直流电源的电池在图上一般都不画出，而以 $\equiv$ 代表电池一端，以小圆圈标以 $+E$ 。(或 $-E$ 。)