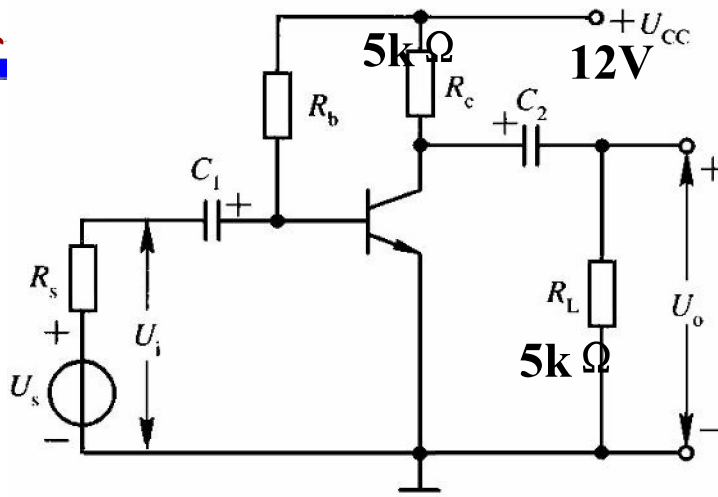


复习:

放大电路的静态分析方法:

解析法公式?

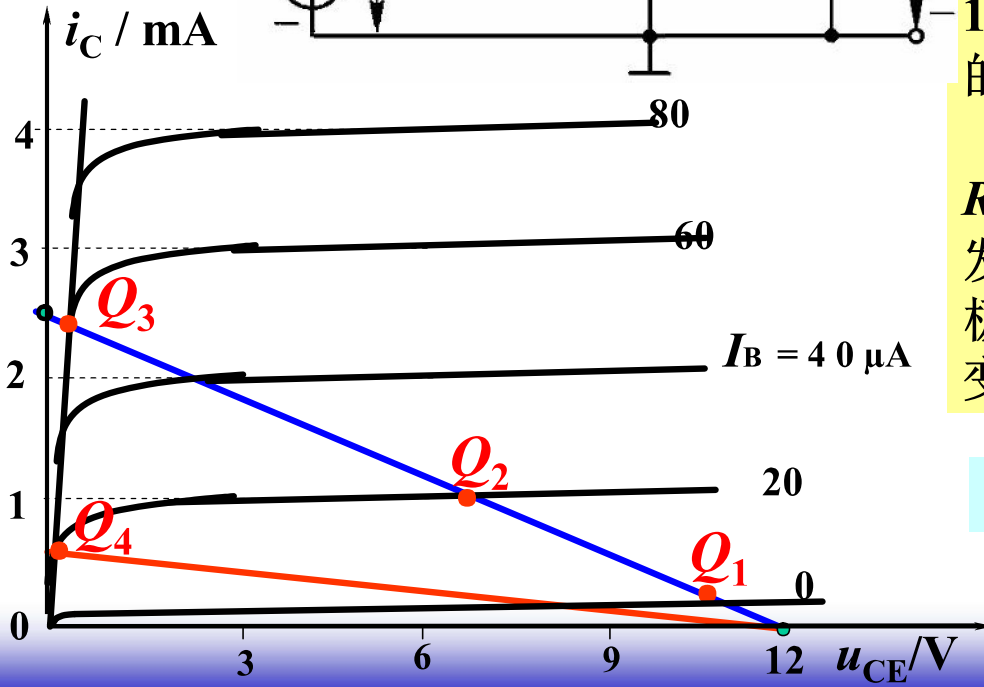
图解方法、步骤?



订正习题P60 9题  
 已知放大电路及管子特性曲线，  
 (1) 作直流负载线  
 (2) 确定 $R_b$ 分别为  
 $10\text{M}\Omega$ 、 $560\text{k}\Omega$ 、  
 $150\text{k}\Omega$ 时 $I_{CQ}$ 、 $U_{CEQ}$   
 的值。

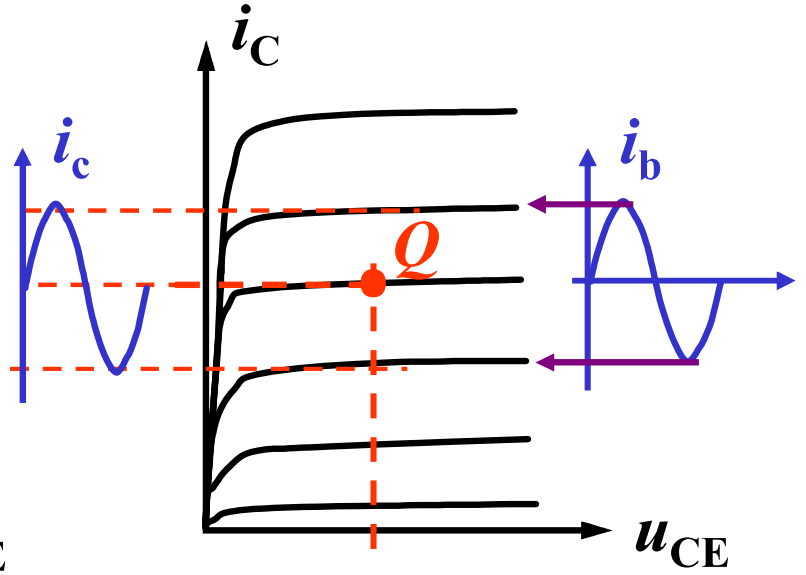
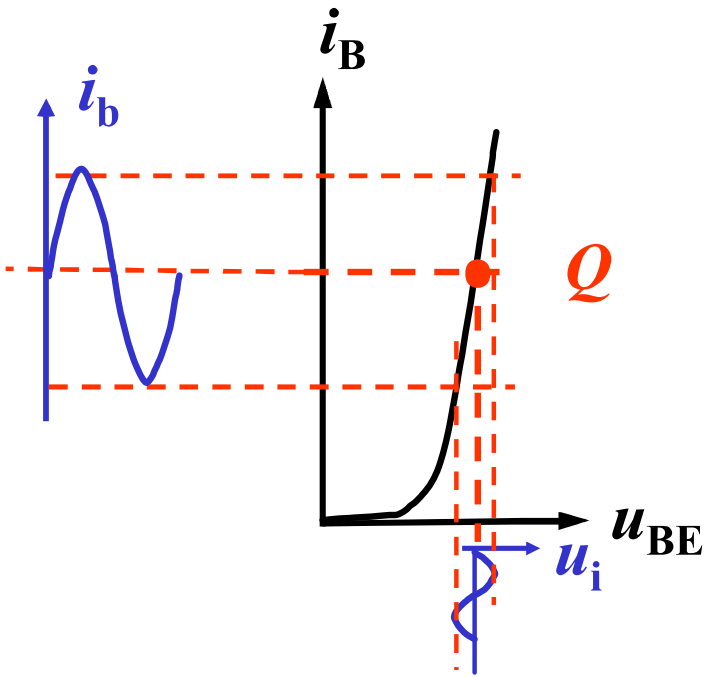
(3) 当 $R_b$ 为 $560\text{k}\Omega$   
 $R_C$ 为 $20\text{k}\Omega$ 时， $Q$ 点  
 发生什么变化，三  
 极管工作状态有无  
 变化？

解：作直流负载线，



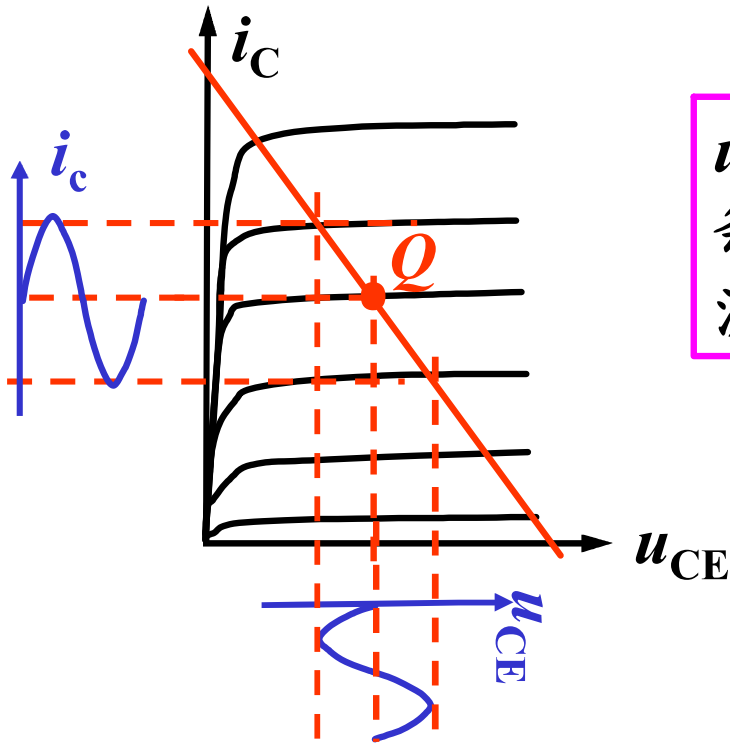
## 2.3 放大电路的动态分析

### 2.3.1 动态工作波形



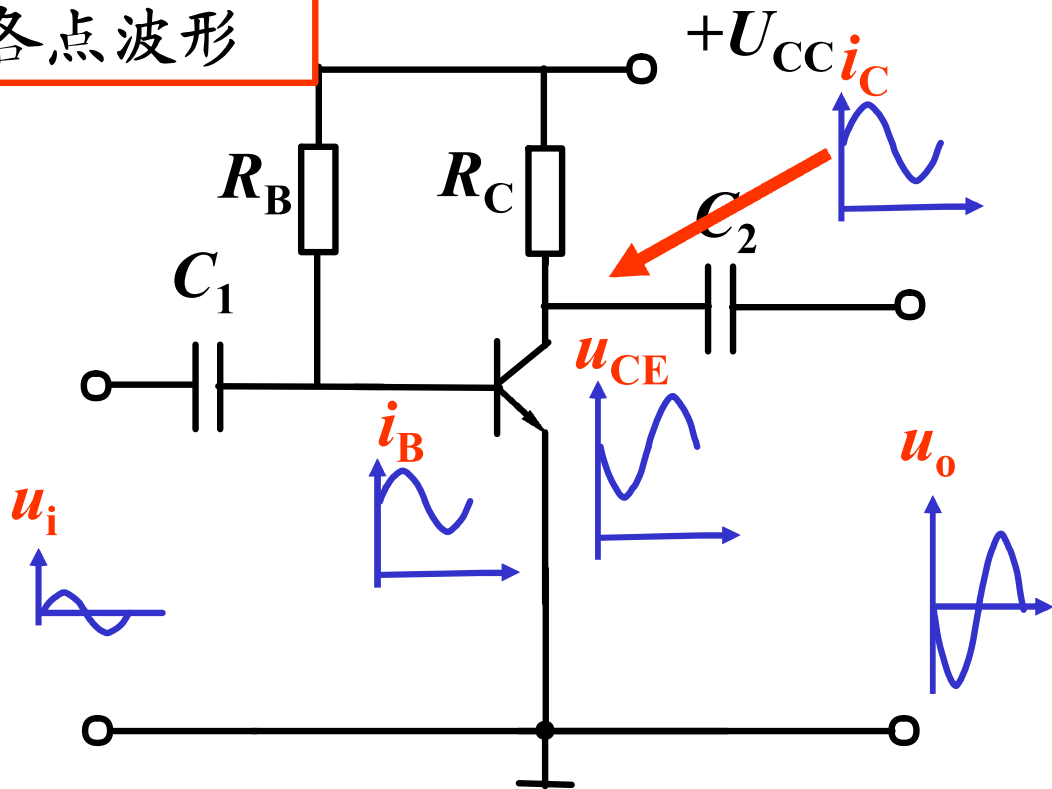
$u_{CE}$  怎么变化 ?

设  $u_{BE}$  在  $Q$  点基础上  
有一微小变化  $u_i$



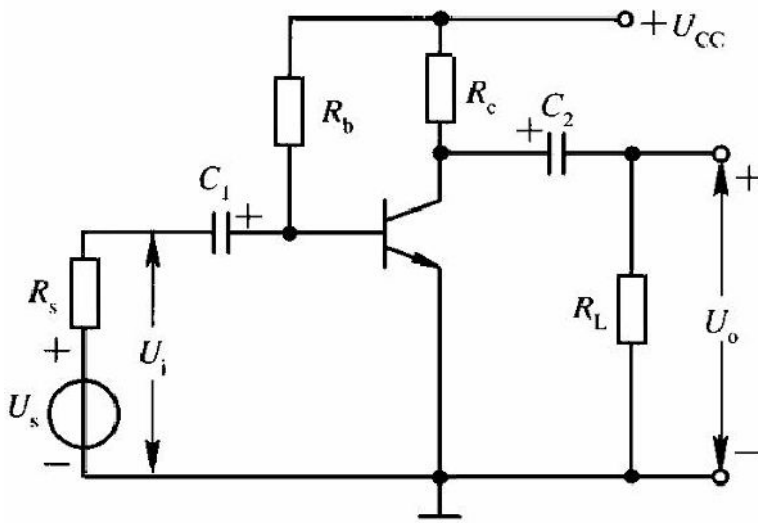
$u_{CE}$  的变化沿一条直线——交流负载线

各点波形

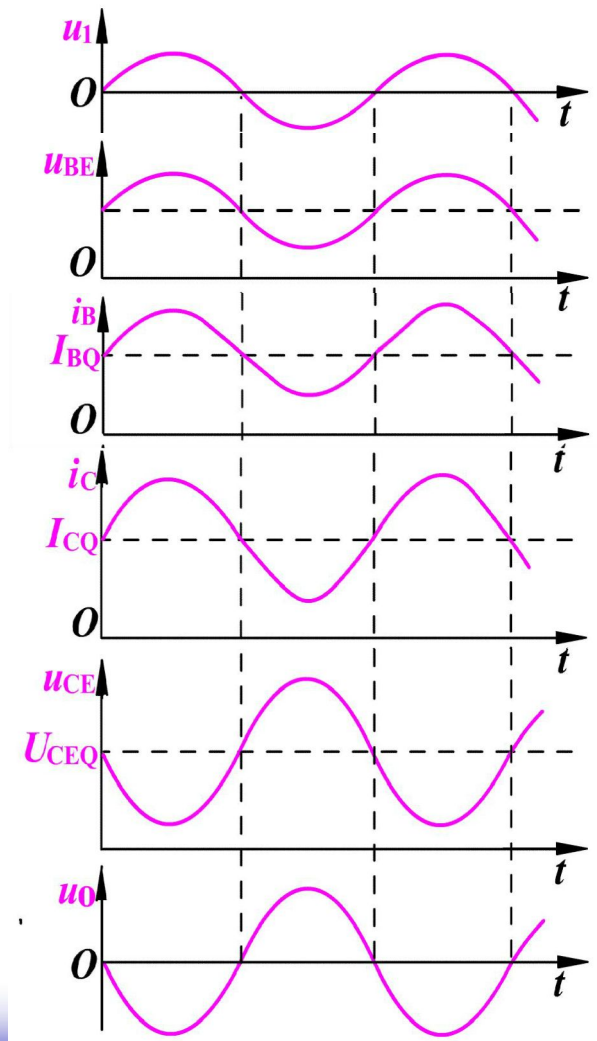


$u_o$ 比 $u_i$ 幅度放大，但相位相反。

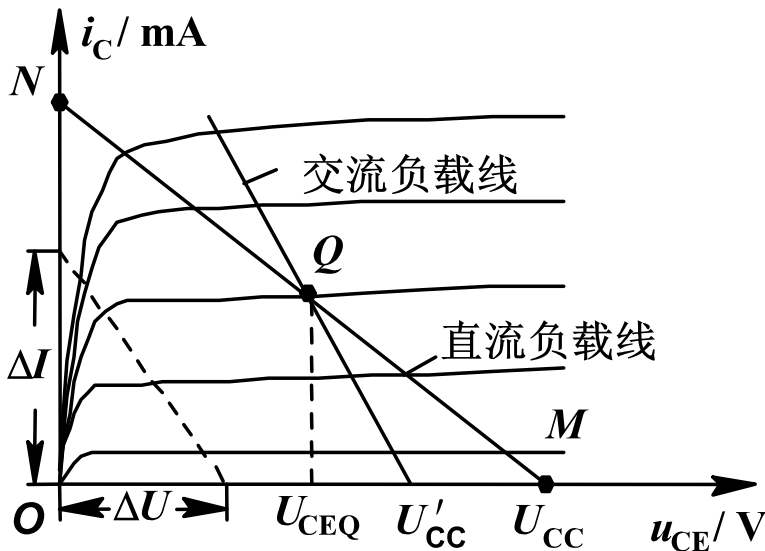
各点时域对应波形:



共射放大: 输出与输入反相。



### 2.3.2 图解法分析动态特性



交流负载线的画法

交流负载线有两个特点：

(1) 必通过Q点。(为什么?)

(2) 斜率为  $-\frac{1}{R'_L}$ 。

交流负载线的画法1：

求出在  $u_{CE}$  坐标的截

距  $U'_{CC} = U_{CEQ} + I_{CQ}R'_L$

再与Q点相连。

交流负载线的画法2：

由  $\Delta U / \Delta I = R'_L$  作辅助线，再过Q点作其平行线。

例:作出图(a)的交流负载线。已知特性曲线如图(b)所示,  $U_{CC}=12V$ ,  $R_c=3k\Omega$ ,  $R_L=3k\Omega$ ,  $R_b=280k\Omega$ 。

解:先作直流负载线, 求出Q点, 如例2

$$\therefore R'_L = R_C // R_L = 1.5k\Omega$$

作辅助线,

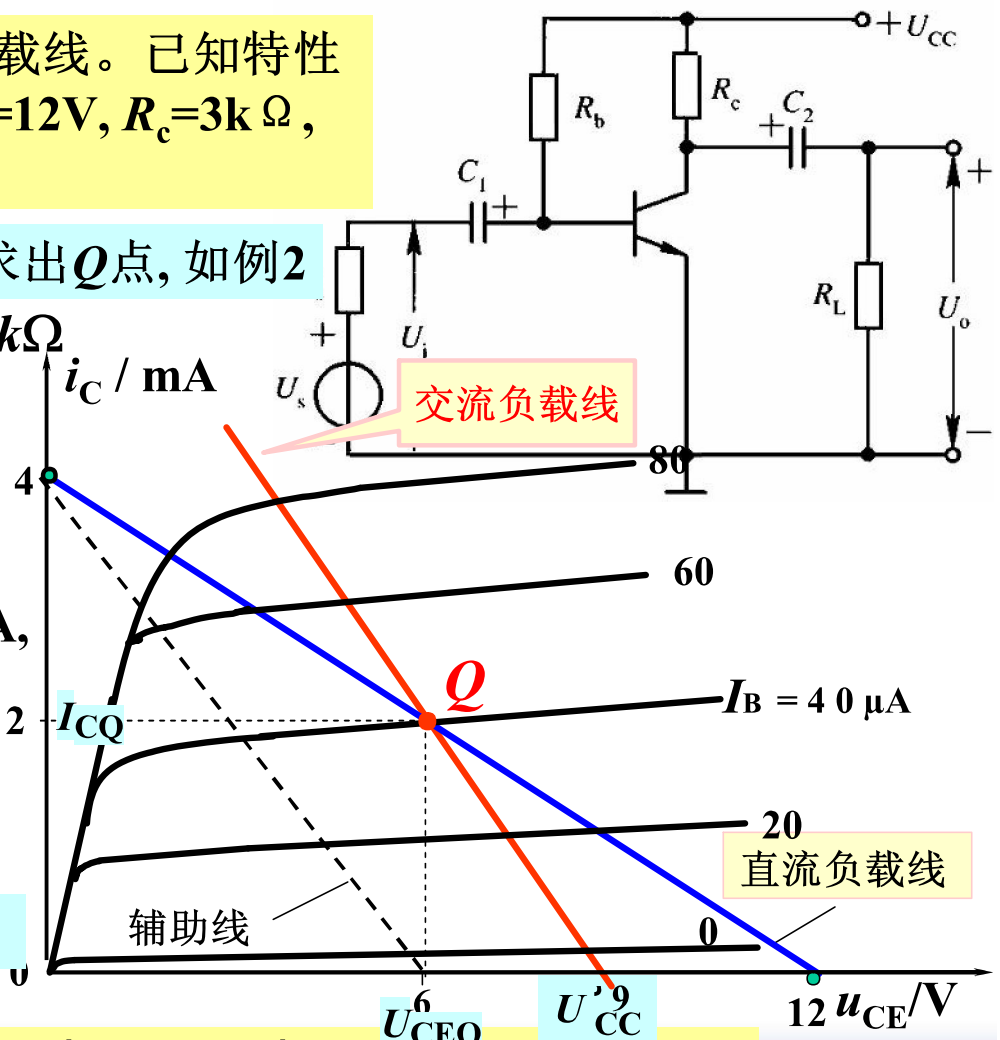
$$\text{使 } \frac{\Delta U}{\Delta I} = R'_L = 1.5k\Omega,$$

取  $\Delta U=6V$ 、 $\Delta I=4mA$ ,

连接两点即为辅助线

过Q点作其平行线。

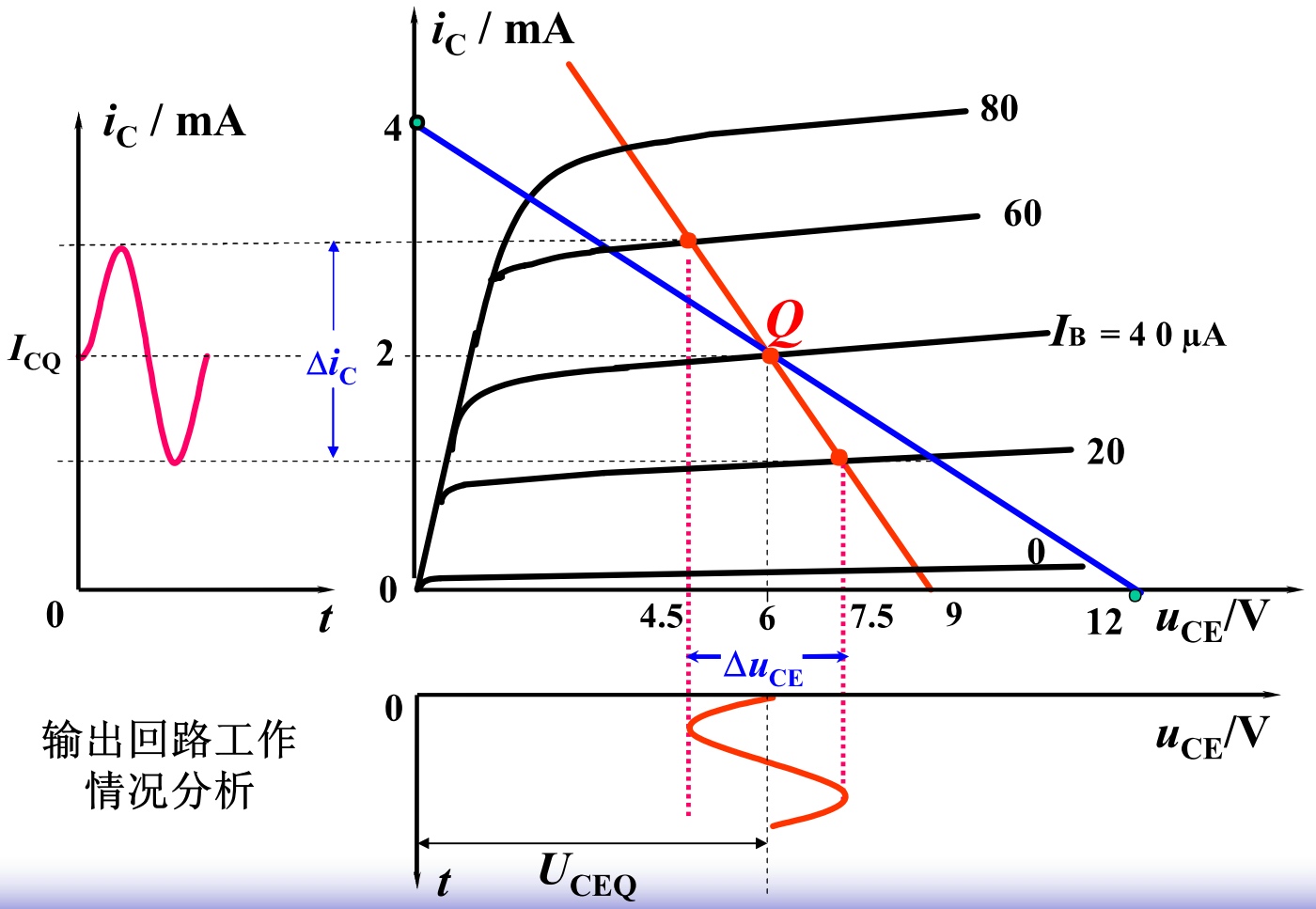
可看出  $U'_{CC}=9V$ 。



$$\text{与按 } U'_{CC} = U_{CEQ} + I_C R'_L = 6 + 2 \times 1.5 = 9V \text{ 一致}$$



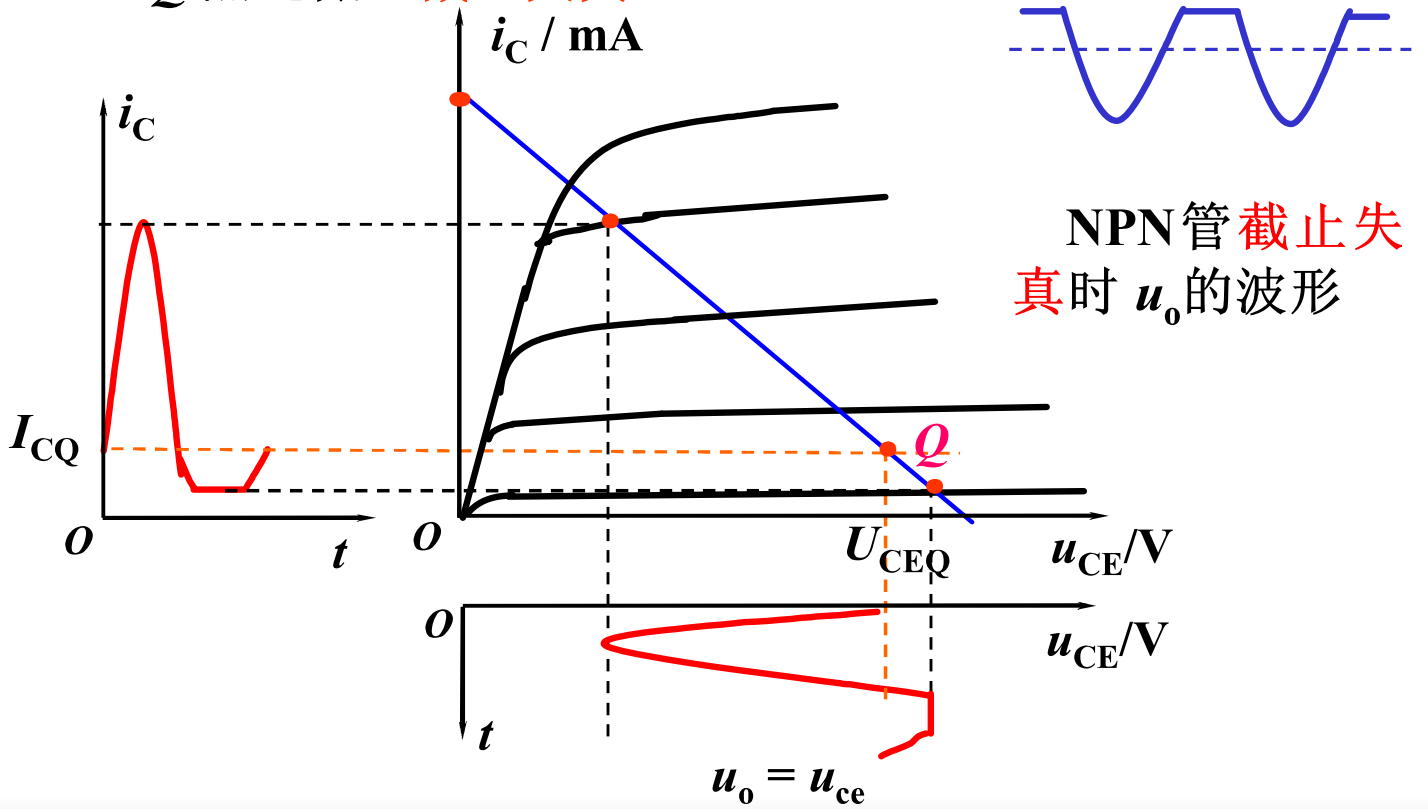
带载后,动态范围 ↓ ,放大倍数 ↓ 。



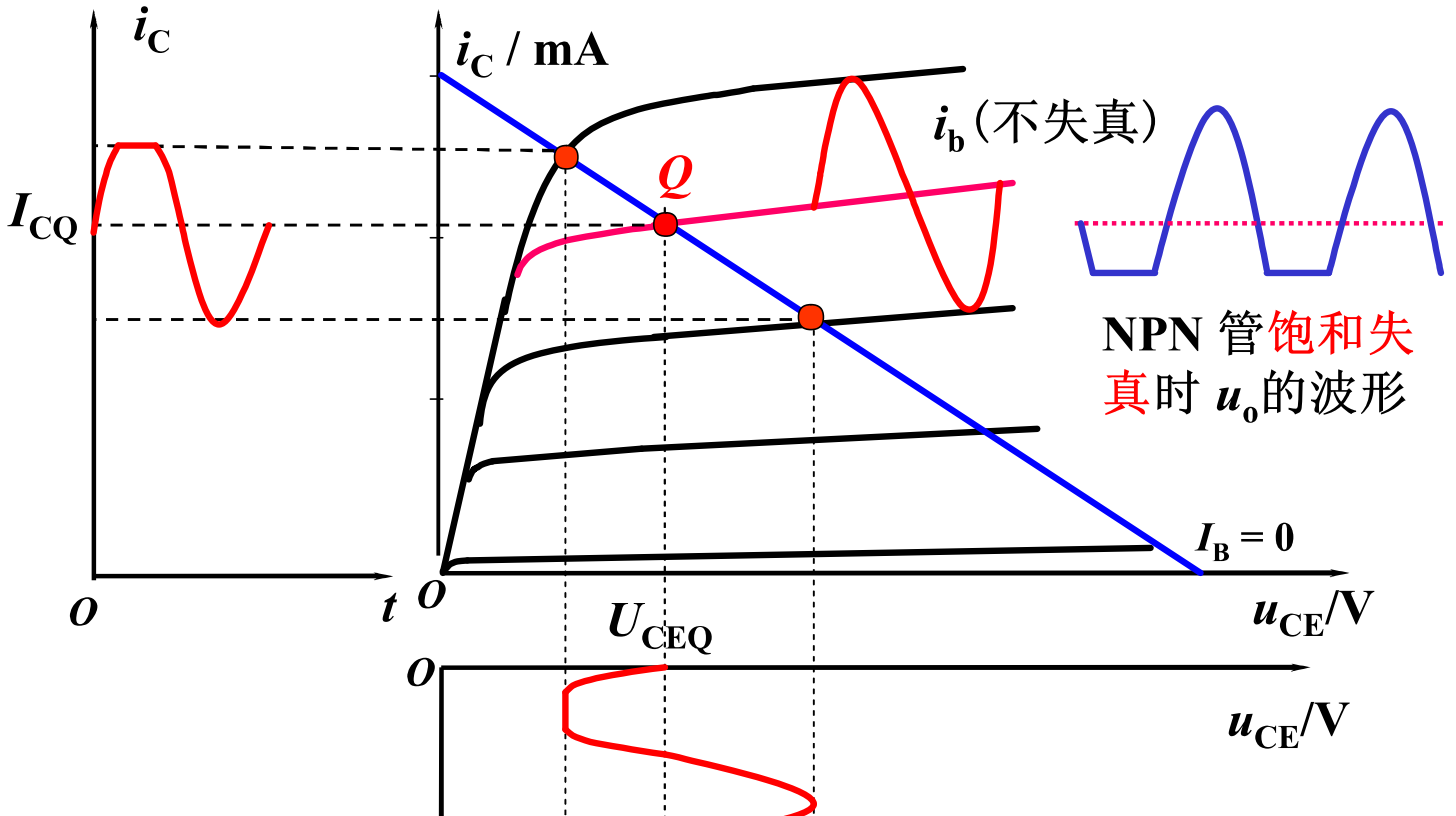
输出回路工作情况分析

### 2.3.3 放大电路的非线性失真

#### 1. $Q$ 点过低—截止失真

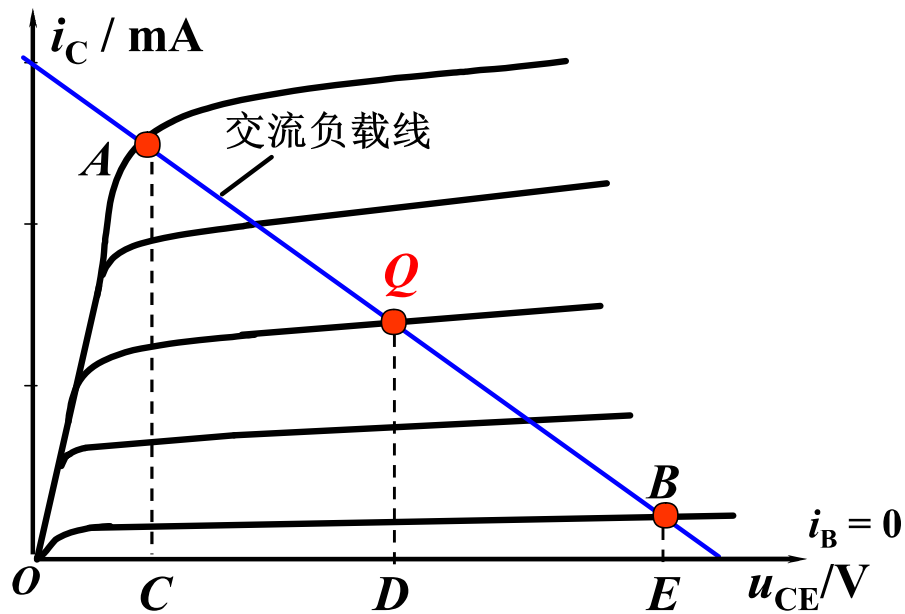


## 2. $Q$ 点过高—饱和失真



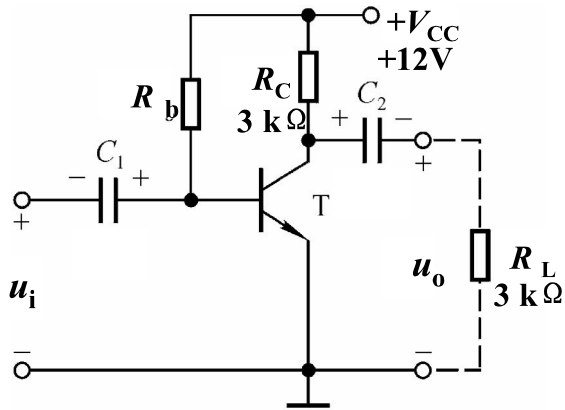
放大电路的最大不失真输出电压是什么？

## 用图解法估算最大不失真输出电压



$Q$  尽量设在交流负载线的中点。则  $AQ = QB$ ,  $CD = DE$

## 讨论



已知  $I_{CQ}=2\text{mA}$ ,  $U_{CES}=0.7\text{V}$ 。

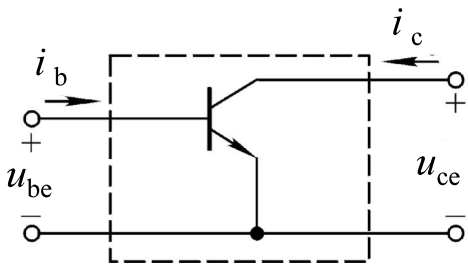
1. 空载情况下，当输入信号增大时，电路首先出现饱和失真还是截止失真？若带负载的情况下呢？

2. 空载和带载两种情况下  $U_{om}$  分别为多少？

3. 在图示电路中，有无可能在空载时输出电压失真，而带上负载后这种失真消除？

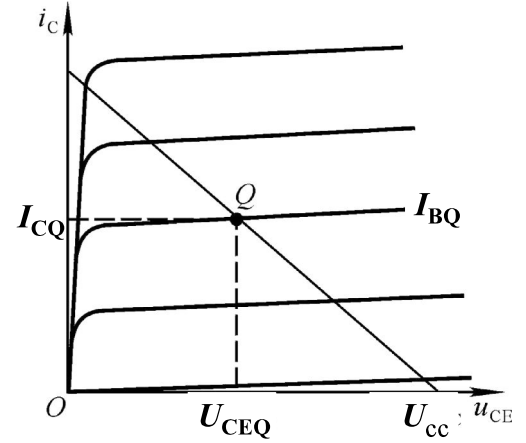
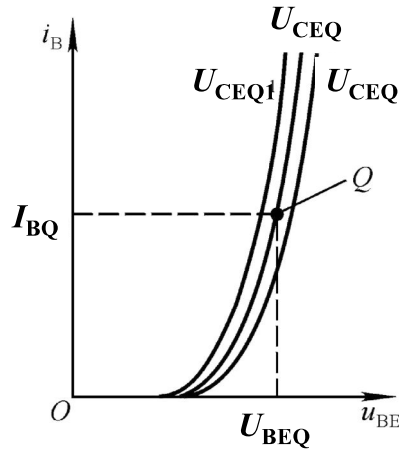
## 2.3.3 三极管的微变等效电路

一、三极管的h参数微变等效电路（可以只记结论）



$$u_{BE} = f(i_B, u_{CE})$$

$$i_C = f(i_B, u_{CE})$$



式中：

$$i_B = I_{BQ} + i_b, \quad u_{BE} = U_{BE} + u_{be},$$

$$i_C = I_{CQ} + i_c, \quad u_{CE} = U_{CEQ} + u_{ce}$$

第二

$$u_{BE} = f(i_B, u_{CE})$$

令为h11

$$(i_B, u_{CE})$$

令为h12

全微分形式

$$du_{BE} = \left. \frac{\partial u_{BE}}{\partial i_B} \right|_{U_{CEQ}} di_B + \left. \frac{\partial u_{BE}}{\partial u_{CE}} \right|_{I_{BQ}} du_{CE} \quad (2-8)$$

令为h21

令为h22

$$di_C = \left. \frac{\partial i_C}{\partial i_B} \right|_{U_{CEQ}} di_B + \left. \frac{\partial i_C}{\partial u_{CE}} \right|_{I_{BQ}} du_{CE} \quad (2-9)$$

则(2 - 8)、(2 - 9)式可写成

$$\begin{aligned}
 du_{BE} &= h_{11} di_B + h_{12} du_{CE} \\
 di_C &= h_{21} di_B + h_{22} du_{CE}
 \end{aligned}$$

改写成

$$\begin{aligned}
 U_{be} &= h_{11} I_b + h_{12} U_{ce} \\
 I_c &= h_{21} I_b + h_{22} U_{ce}
 \end{aligned}$$

$$U_{be} = h_{11}I_b + h_{12}U_{ce}$$

$$I_c = h_{21}I_b + h_{22}U_{ce}$$

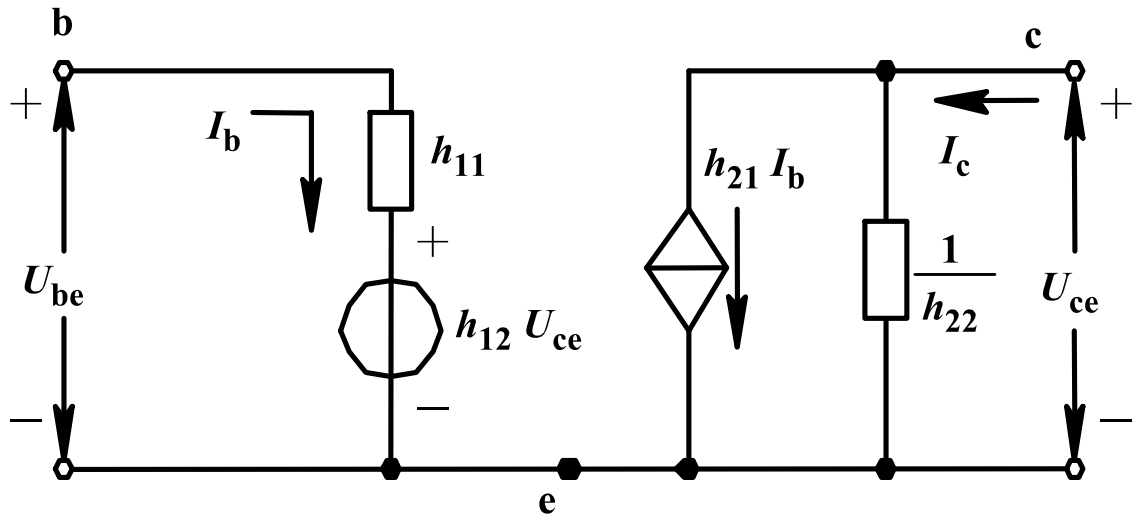
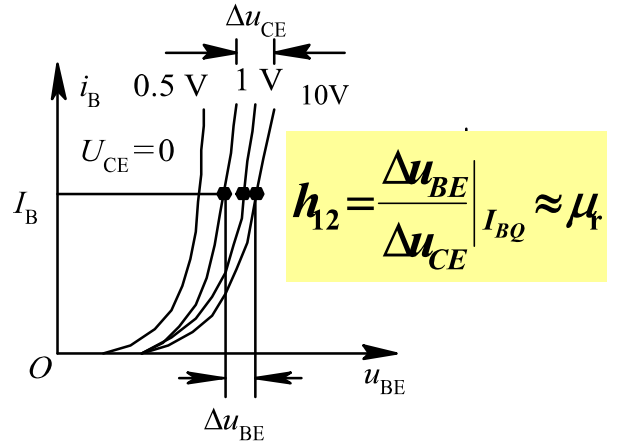
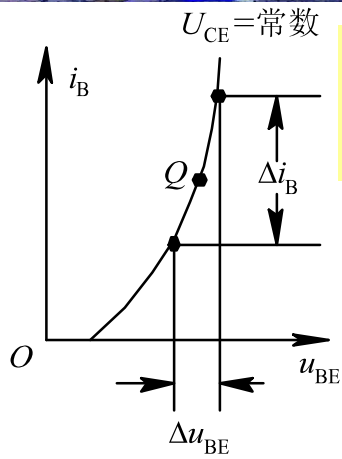


图2-17  $h$ 参数等效电路 (由式得图)

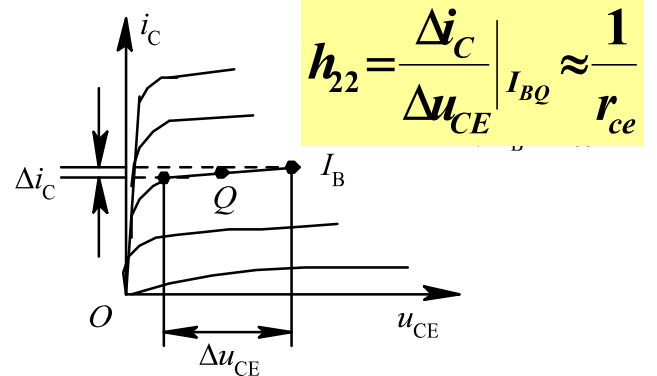
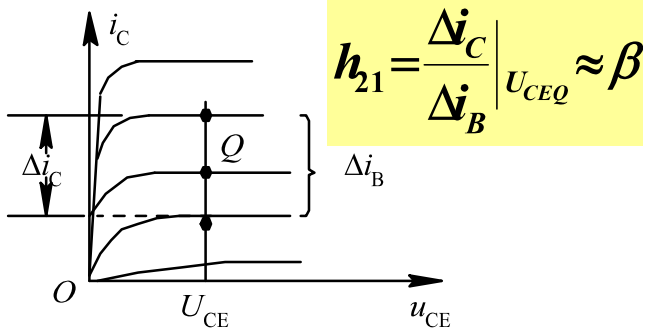


## 第二章 放大电路分析基础



管子的输入电阻  $r_{be}$  阻值在  $1\text{k}\Omega$  左右

反向电压传输系数  $\mu_r$  值在  $10^{-3}$  左右



共射电流放大系数  $\beta$  值在几十~100 输出电阻  $r_{ce}$  阻值在几十  $\text{k}\Omega$  ~ 几百  $\text{k}\Omega$

图2-18 从特性曲线上求出  $h$  参数

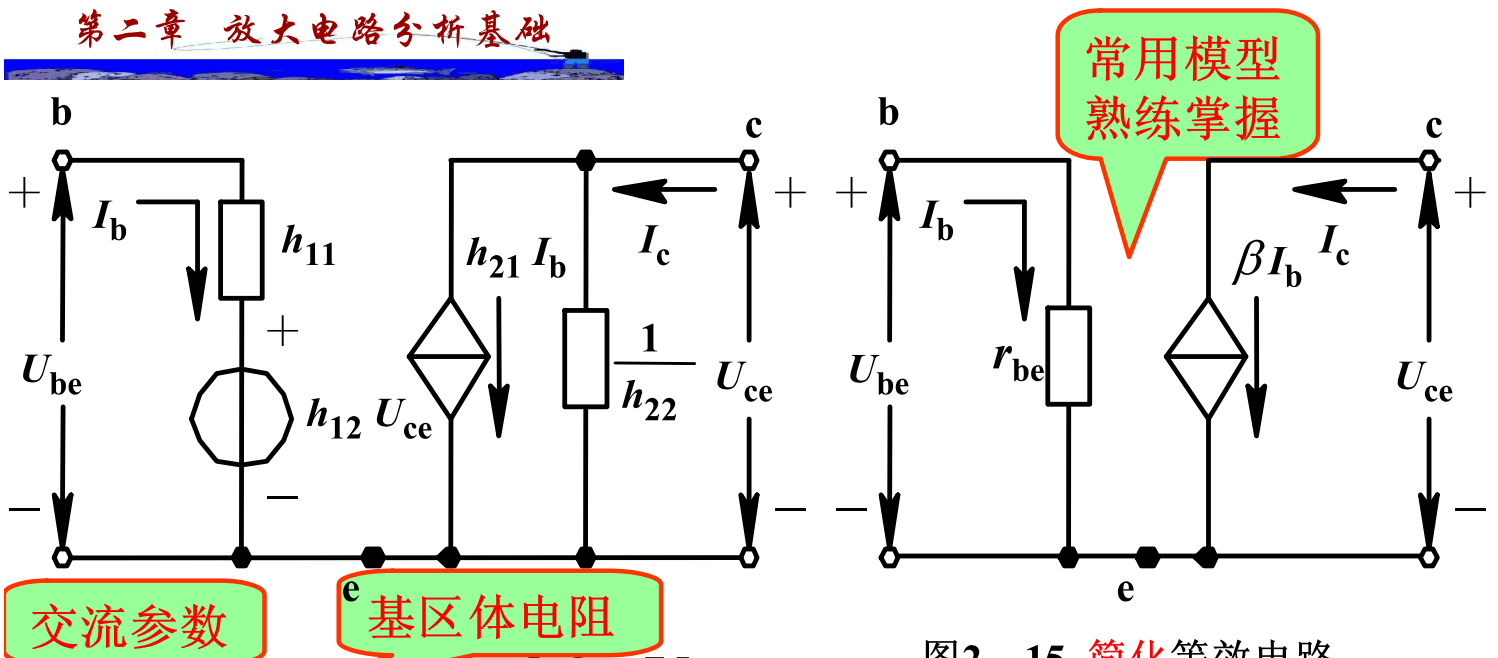


图2-15 简化等效电路

$$r_{be} = r_{bb'} + (1 + \beta) \frac{26mV}{I_{EQ}} \quad (\text{常用公式})$$

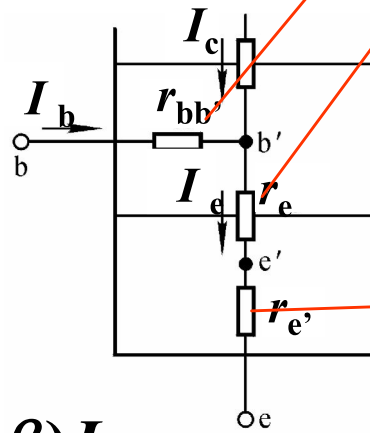
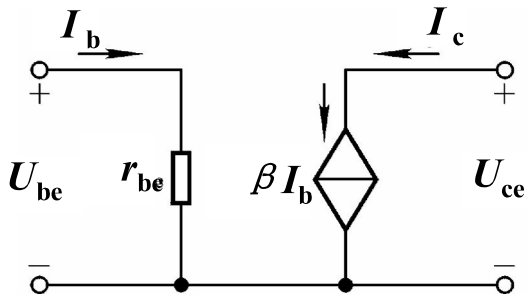
直流参数

其中： $r_{bb'} = 100 \sim 300 \Omega$ ，通常取200或300  $\Omega$ 。

$r_{be}$ 的值，通常在1k  $\Omega$ 左右。

在小信号条件下，用线性电路代替非线性器件。

$r_{be}$  公式的来历:



基区体电阻

发射结电阻

可利用PN结的  
电流方程求得

发射区体电阻  
数值小可忽略

$$U_{be} = r_{bb'} I_b + (1 + \beta) I_b r_e$$

由(1-5)式知: 正偏的 PN 结电阻  $r_e = \frac{26mV}{I_{EQ}}$

$$\therefore r_{be} = r_{bb'} + (1 + \beta) \frac{26mV}{I_{EQ}} \quad (\text{熟记!!})$$

在输入特性曲线上, Q点越高,  $r_{be}$  越小!

归纳：图解法分析动态特性的步骤

- (1) 作直流负载线, 求出 $Q$ 点。
- (2) 作交流负载线。从交流负载线可画出输出电流、电压波形, 或求出最大不失真输出电压值。

归纳：三极管微变等效电路

- (1) 量纲不同——是混合参数。
- (2) 受控源有方向性。
- (3) 等效电路是交流参数（不能用来求 $Q$ 点）。
- (4) 等效电路参数与 $Q$ 点有关（是 $Q$ 点附近的参数）。

作业： P60 10(描图)、11

预习2.3.4 三种基本组态放大电路的分析