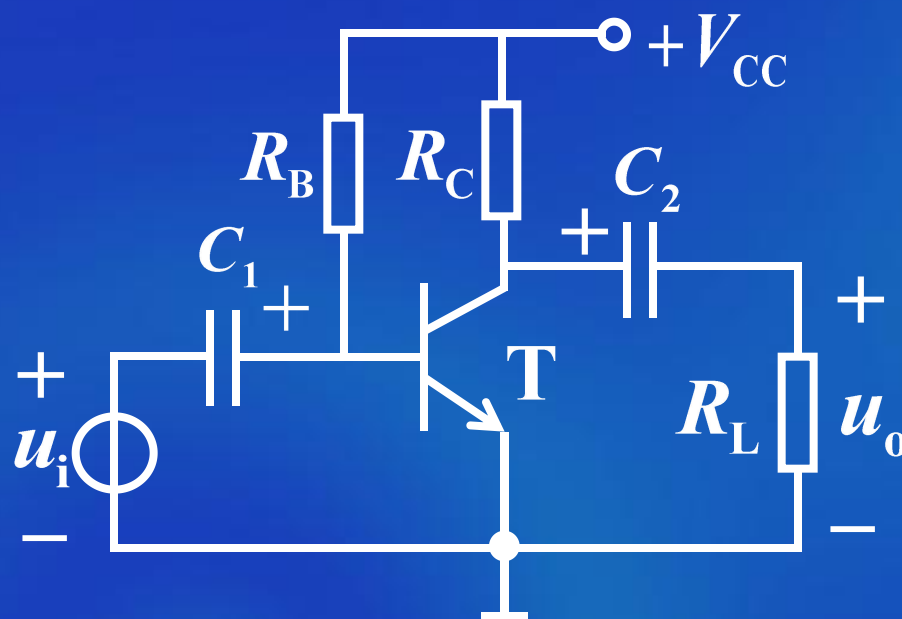


2.4 放大电路的动态分析

在静态分析基础上，分析电路中的交流分量之间关系。主要求出各种动态参数。

常用的分析方法 {
 图解法
 微变等效电路法

2.4.1 图解法在放大电路动态分析中的应用

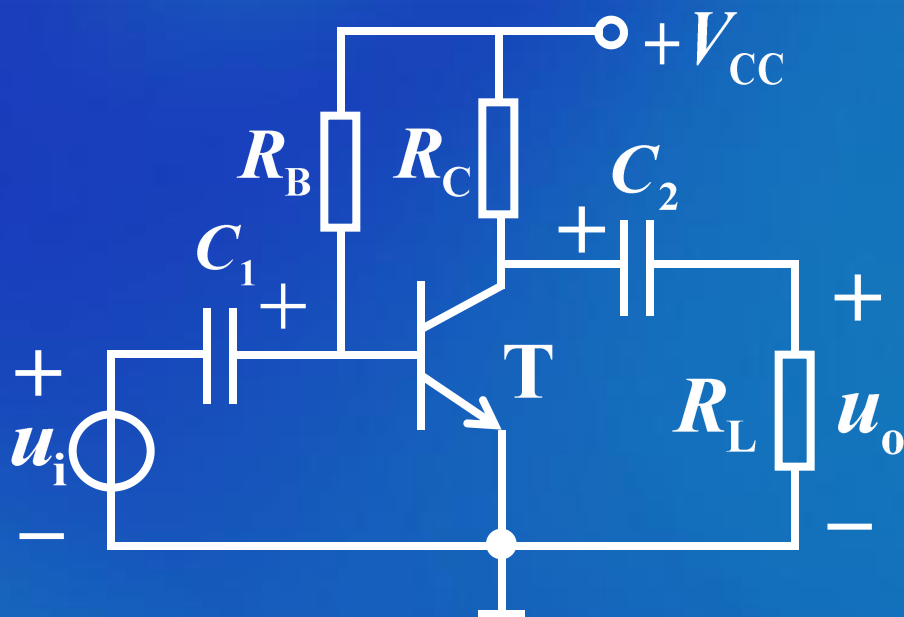


设输入信号 $u_i = U_{im} \sin \omega t$ V

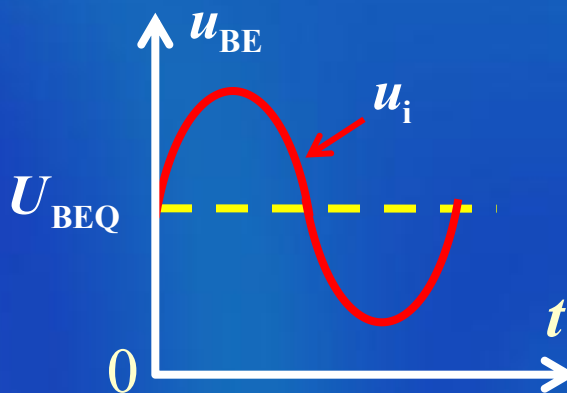
1. 当 $R_L = \infty$ 时

在输入回路

$$u_{BE} = U_{BEQ} + u_i$$

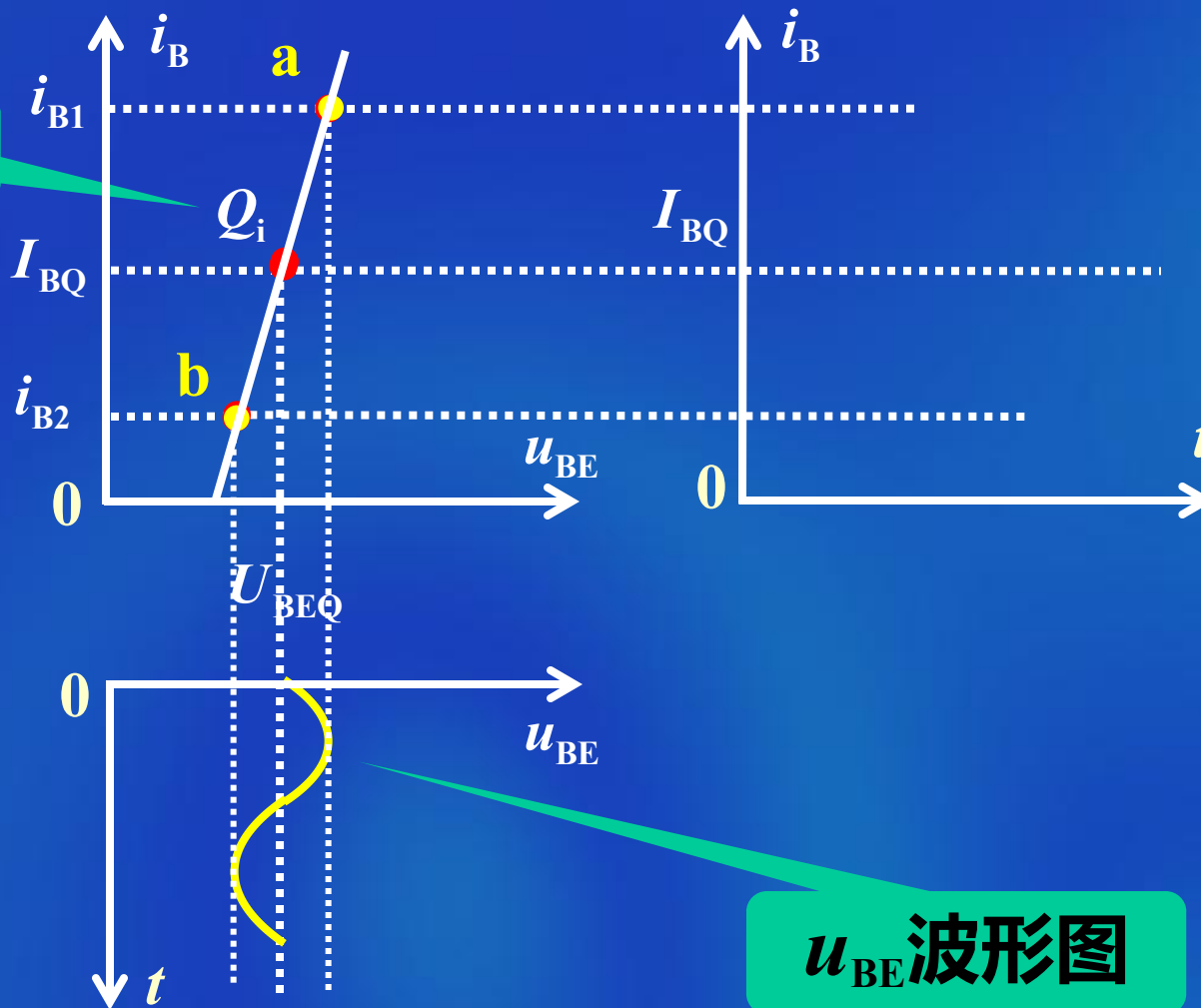


u_{BE} 波形图



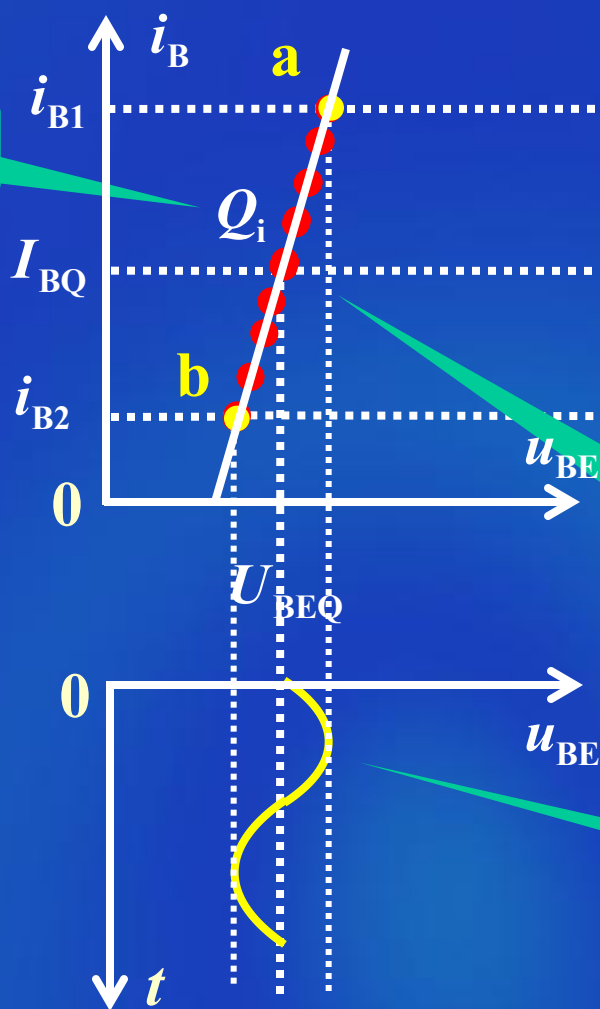
(1) i_B 的形成过程

已知 Q



(1) i_B 的形成过程

已知 Q

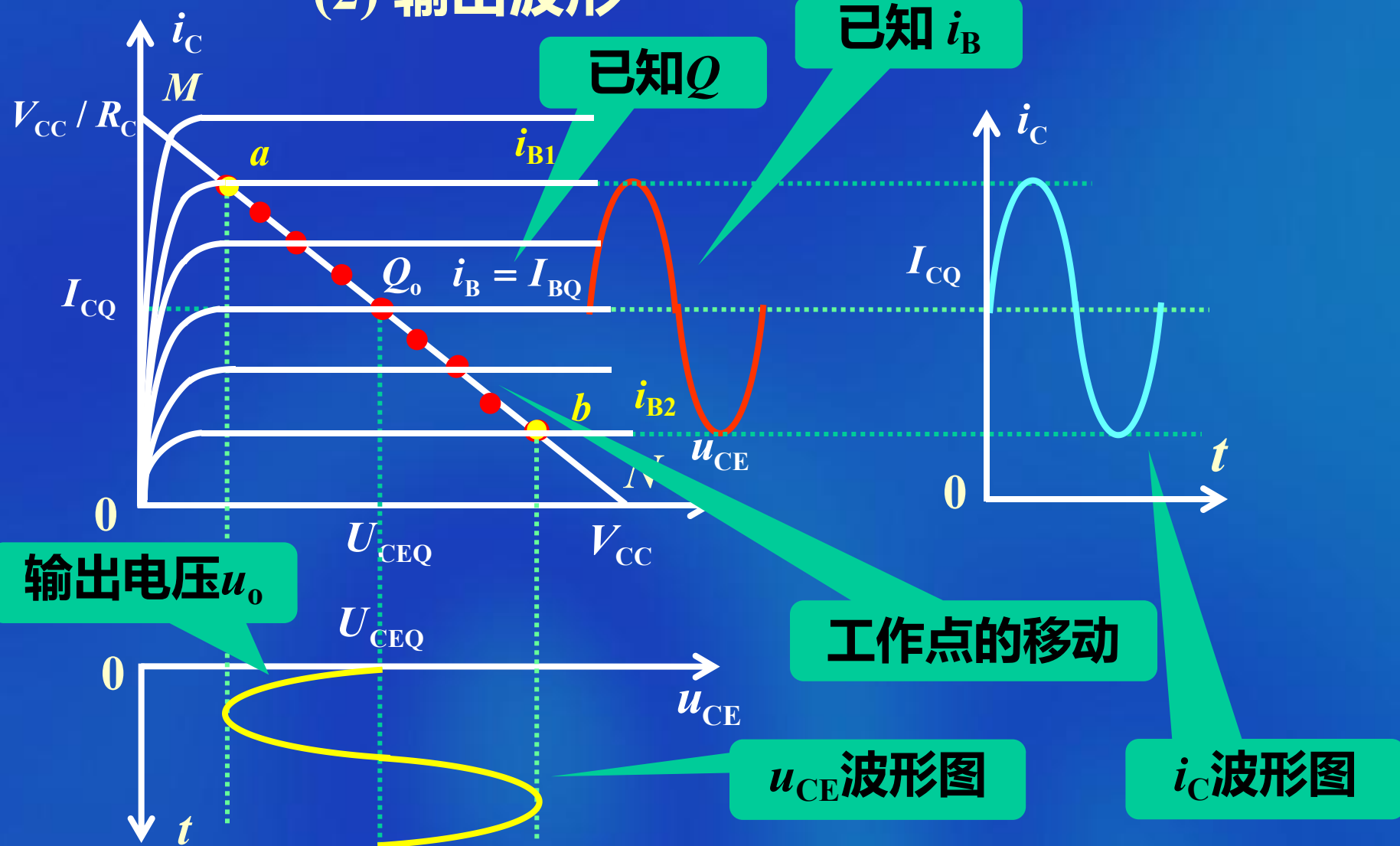


i_B 的波形图

工作点的移动

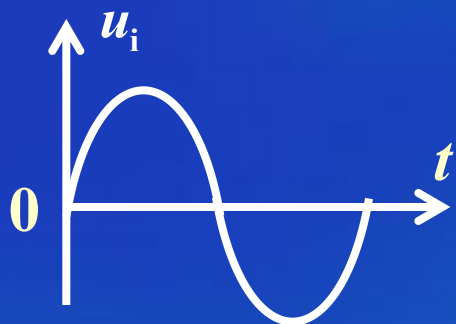
u_{BE} 波形图

(2) 输出波形

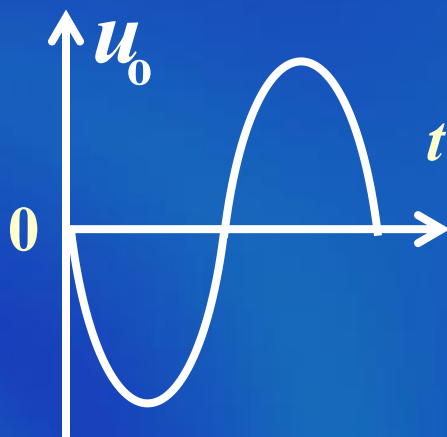


小结：

已知输入信号



输出信号波形

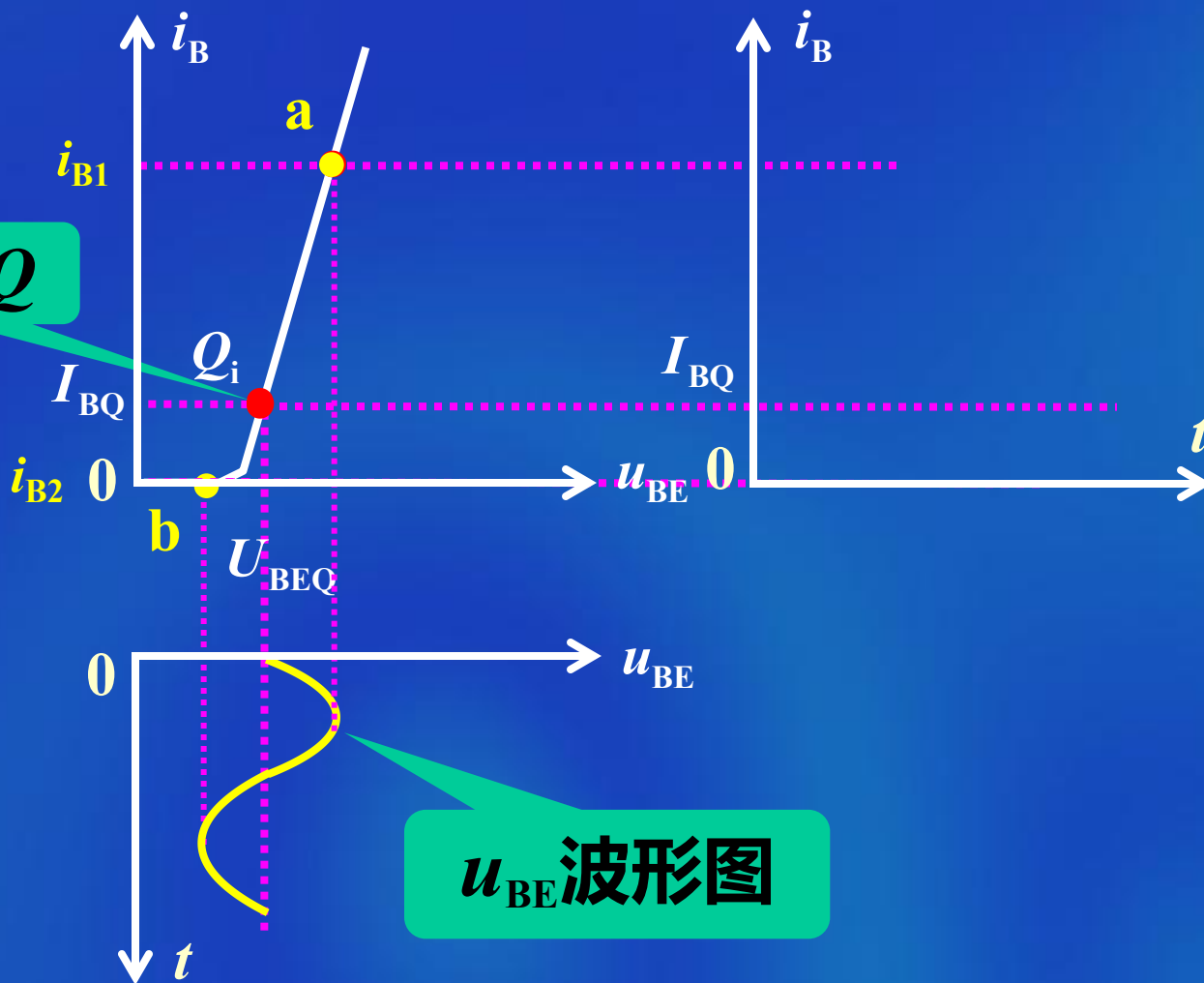


输出电压 u_o 与输入电压 u_i 相位相反

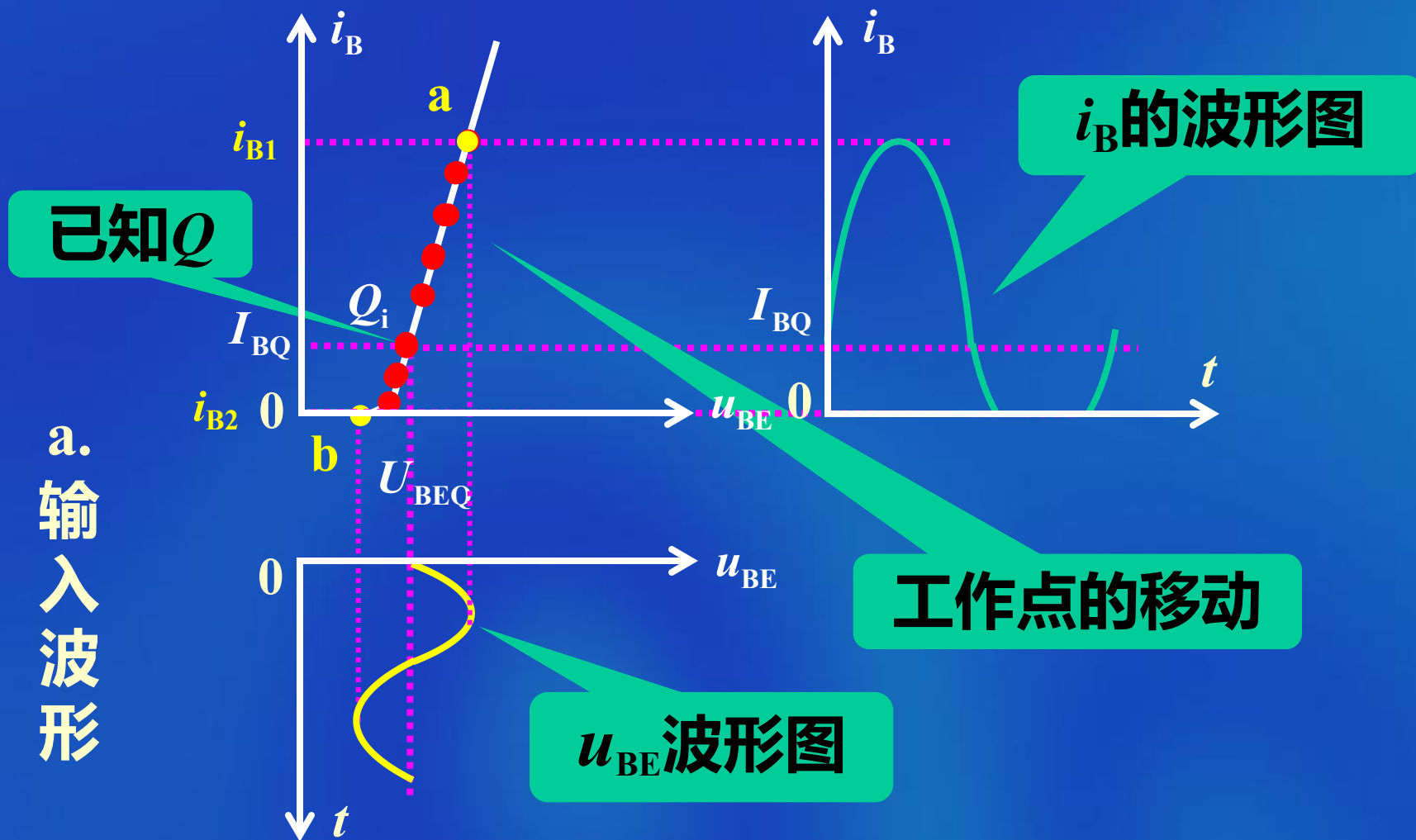
(2) 如果静态工作点 Q 太低

已知 Q

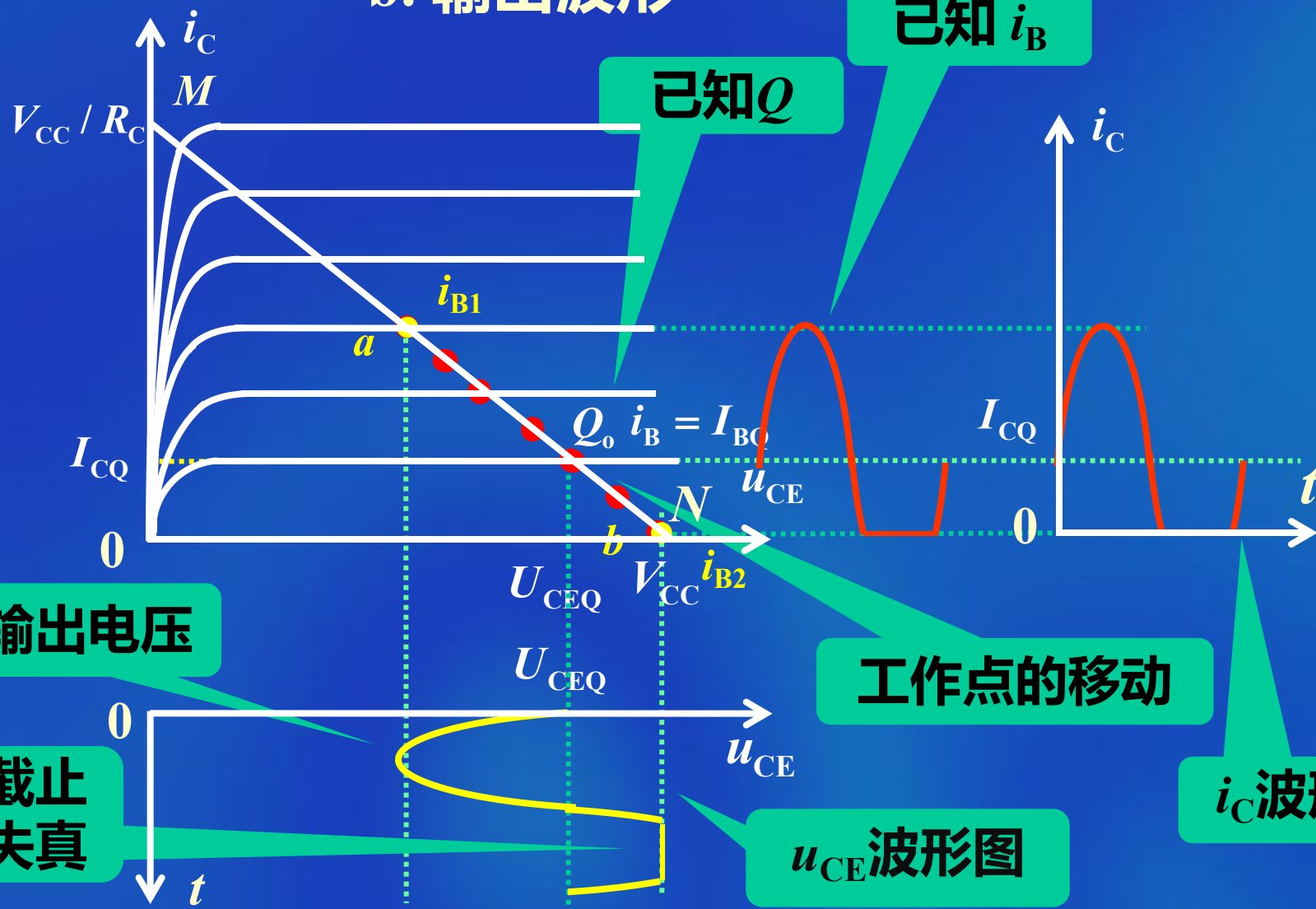
a. 输入波形



(2) 如果静态工作点 Q 太低

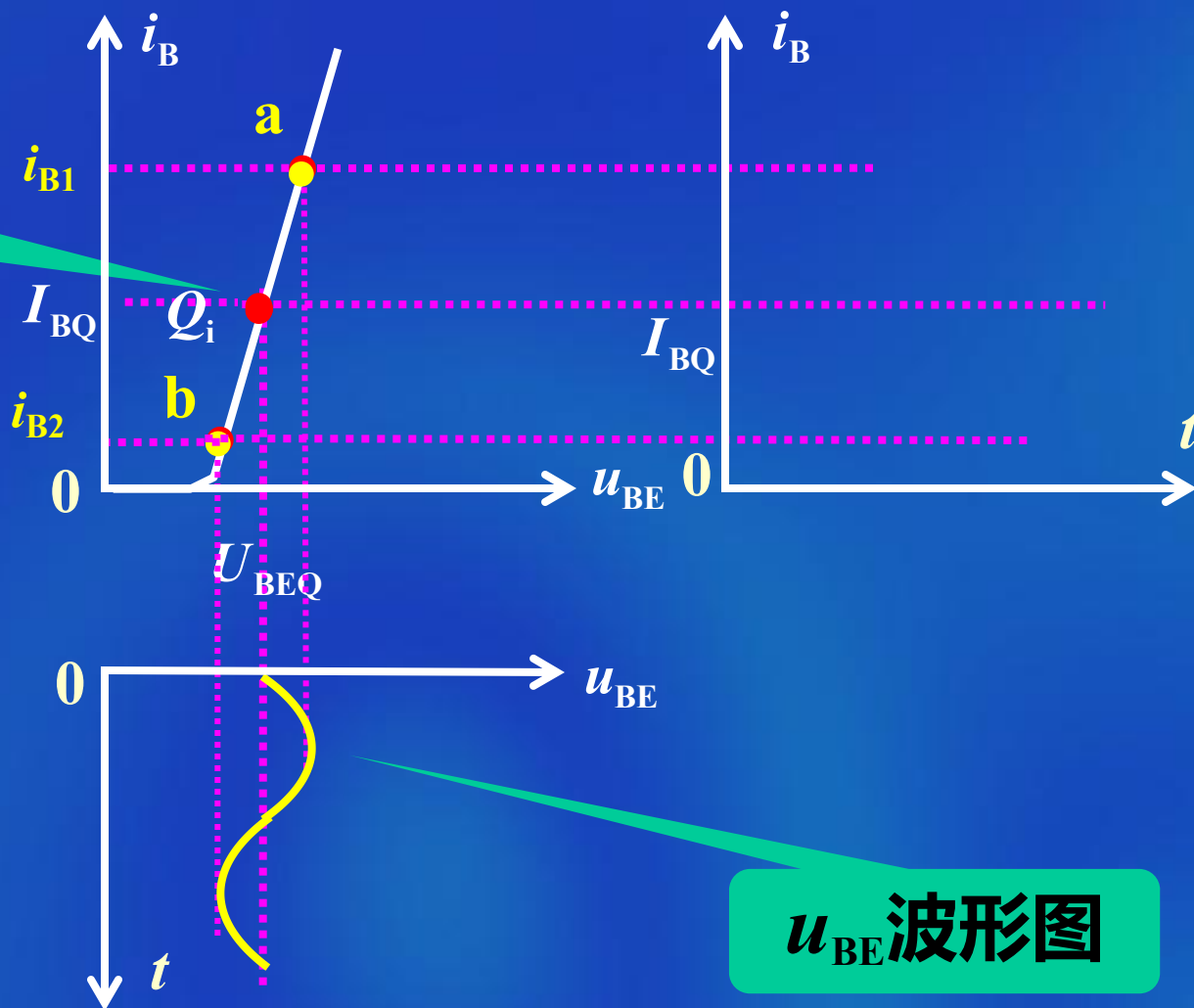


b. 输出波形



(3) 如果静态工作点 Q 太高

已知 Q



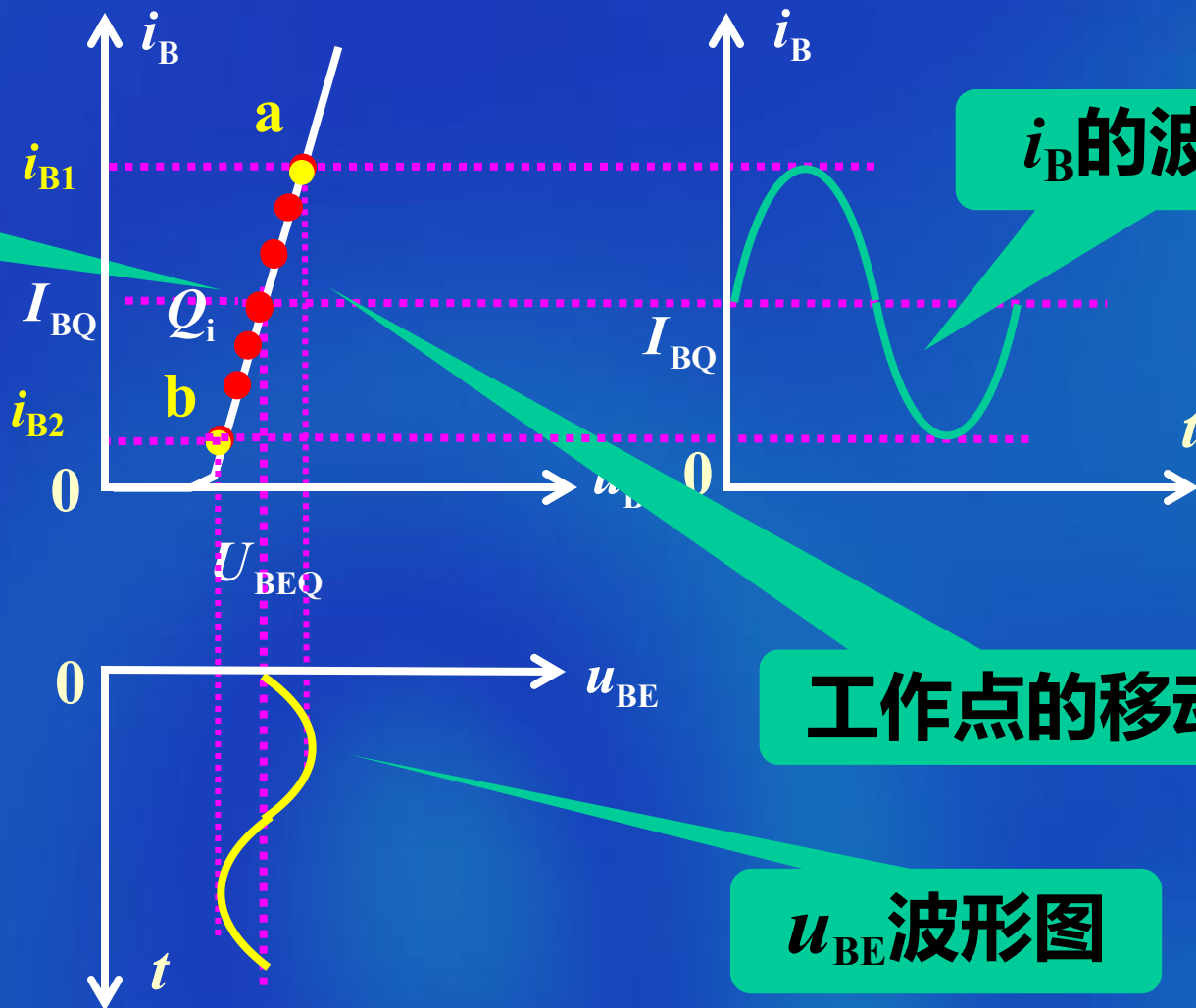
a.
输入
波形

u_{BE} 波形图

(3) 如果静态工作点 Q 太高

已知 Q

a. 输入波形

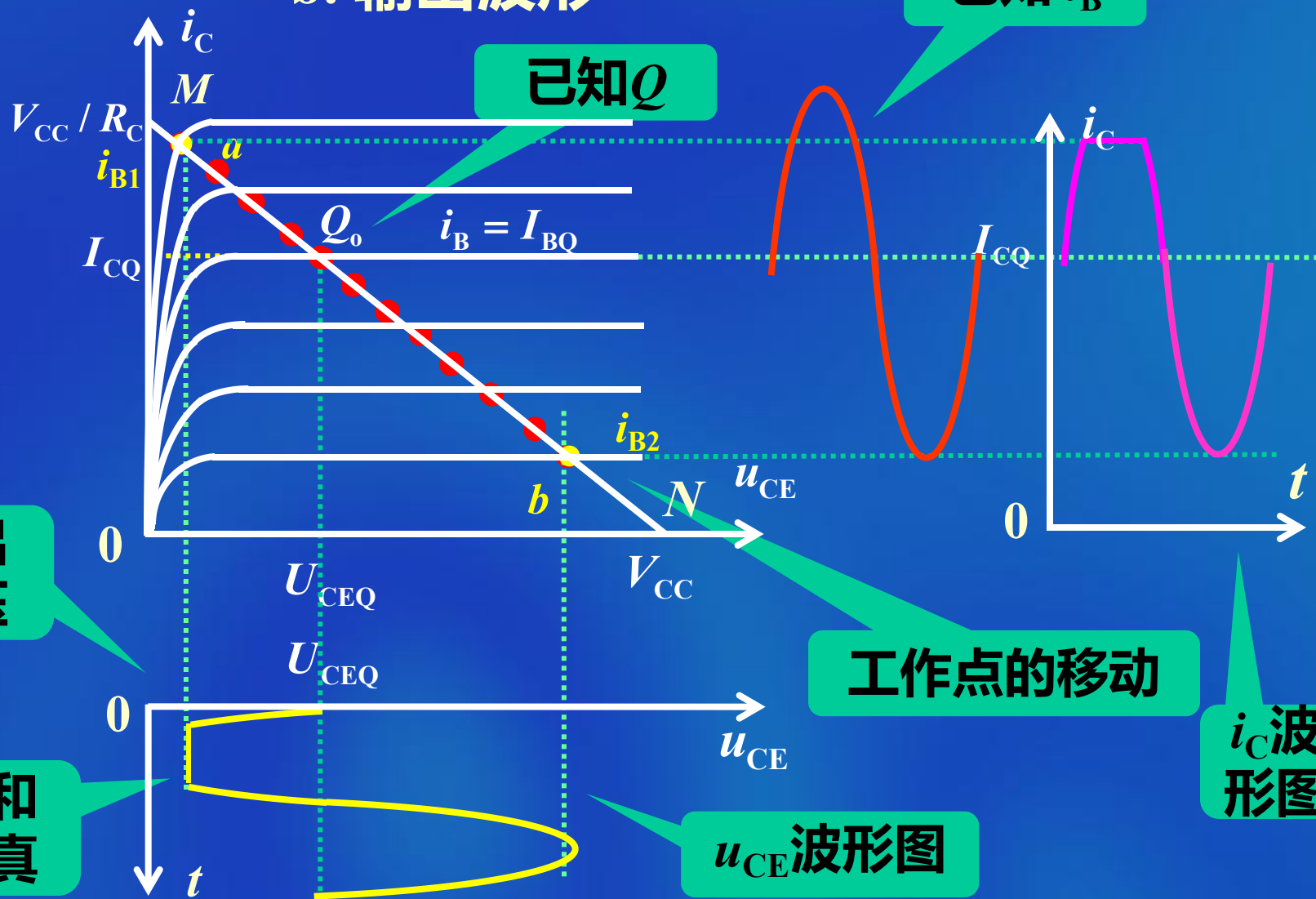


i_B 的波形图

工作点的移动

u_{BE} 波形图

b. 输出波形



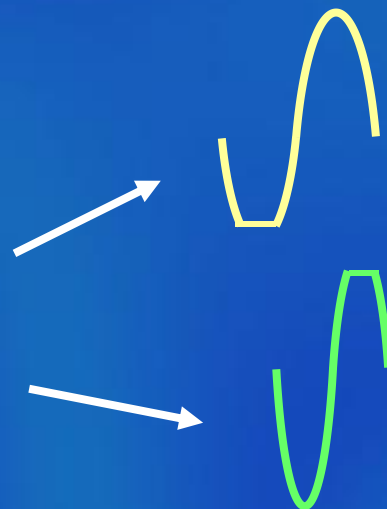
小结：

静态工作点不合适，将使工作点进入非线性区而产生非线性失真（饱和失真、截止失真）。

非线性失真的特点：

饱和失真：输出电压波形**削底**。

截止失真：输出电压波形的**削顶**。



非线性失真

饱和失真：输出电压波形**削底**。



截止失真：输出电压波形的**削顶**。

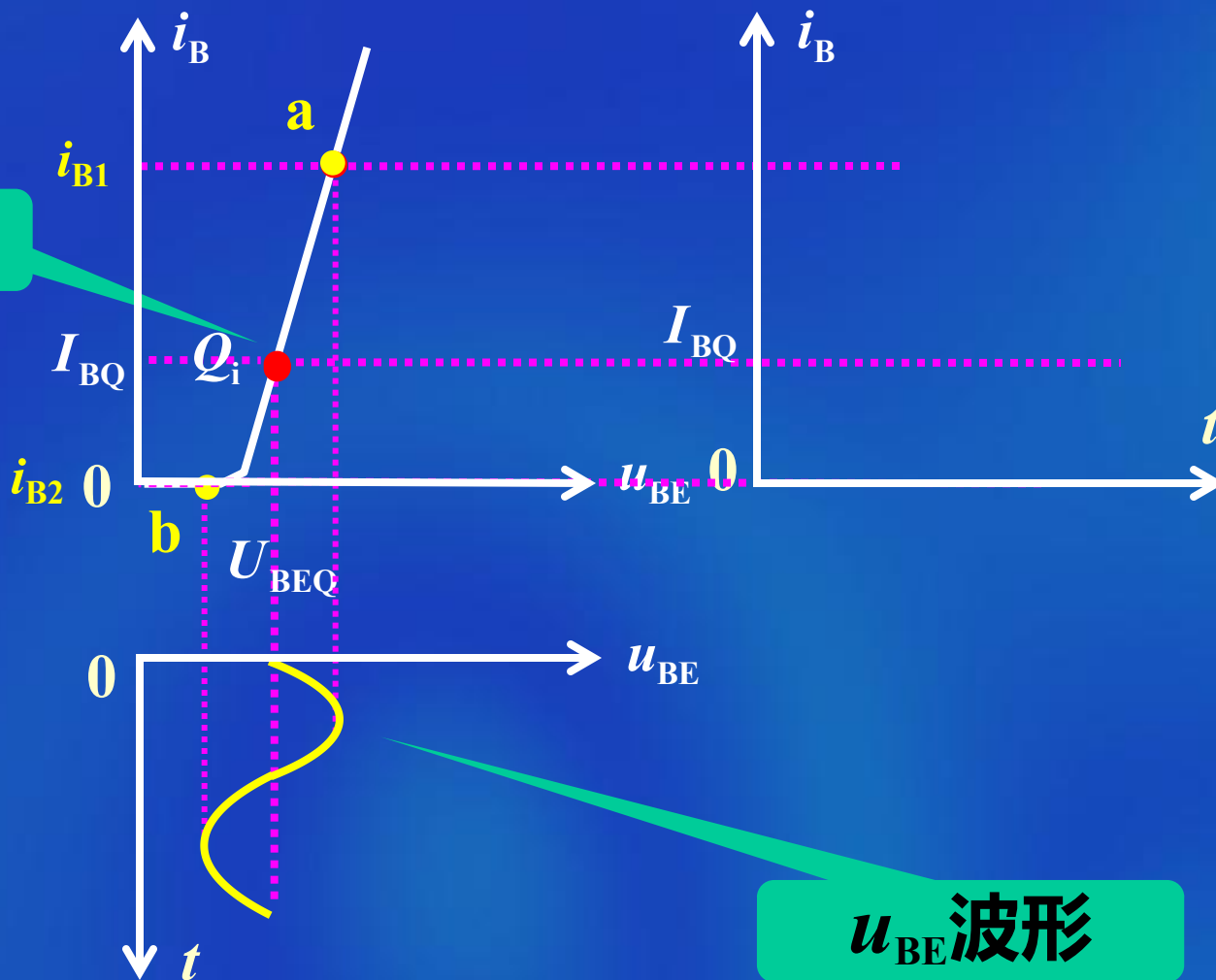


如果放大电路的静态工作点合适，则输出电压波形就一定不会发生非线性失真吗？

(4) 如果输入信号太大

已知 Q

a. 输入波形

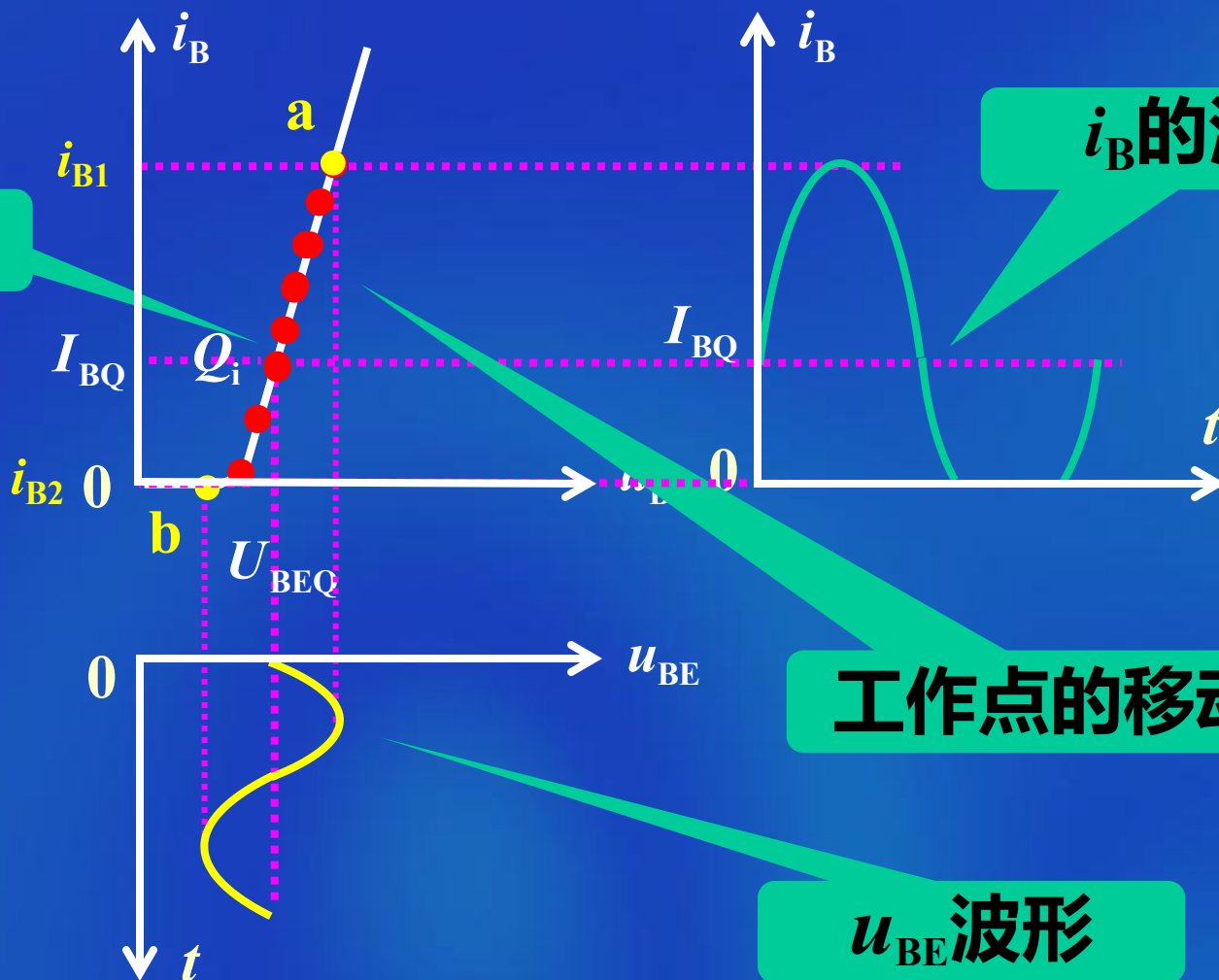


u_{BE} 波形

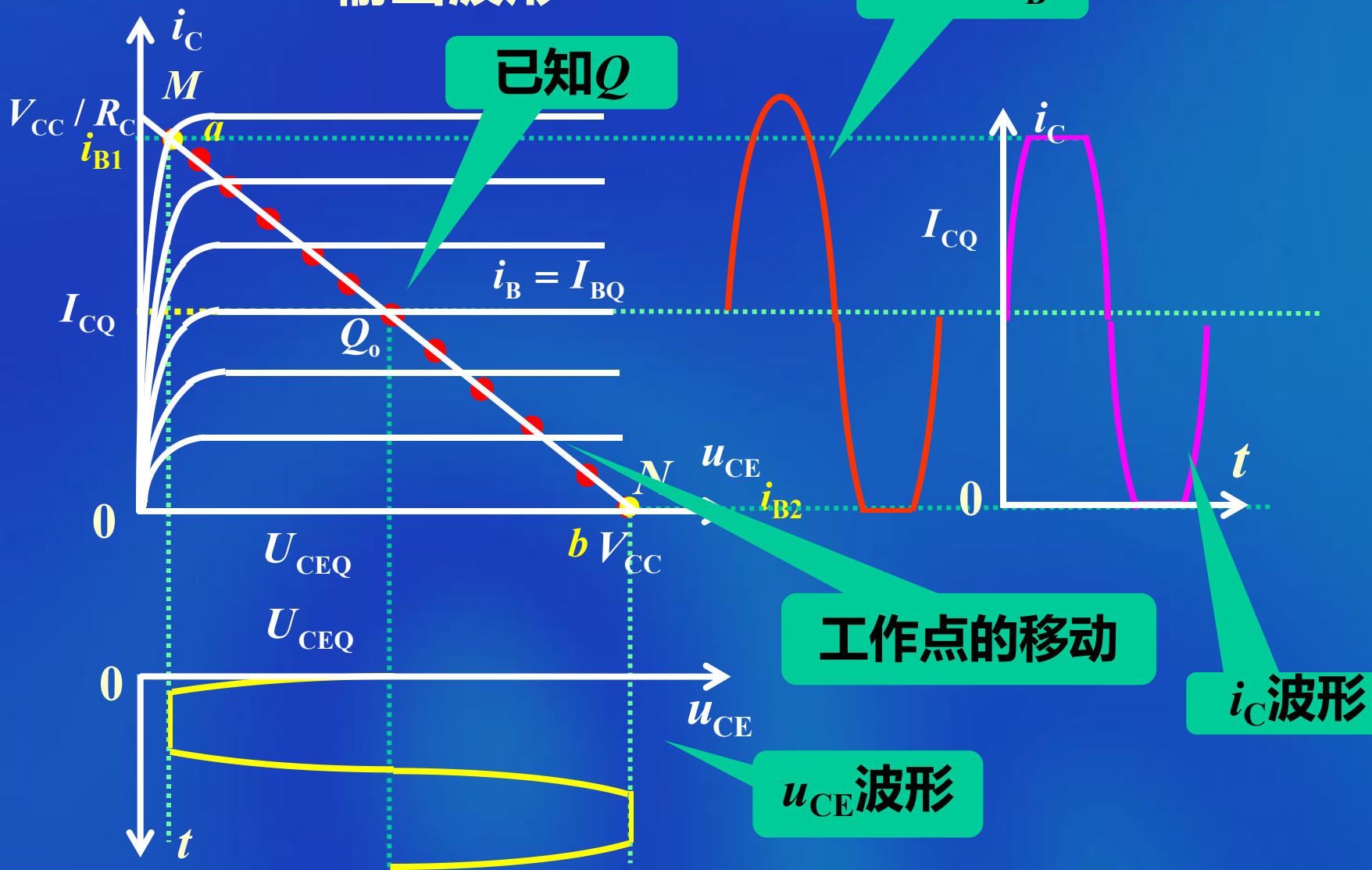
(4) 如果输入信号太大

已知 Q

a. 输入波形

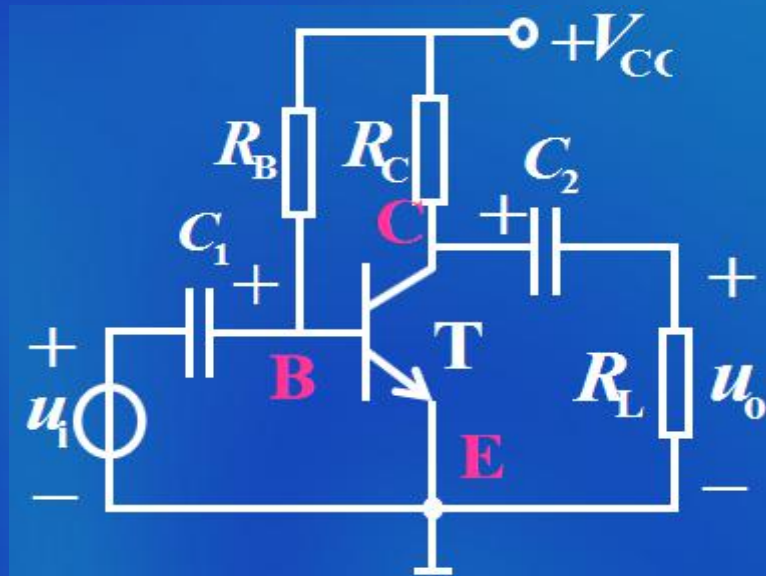


b. 输出波形



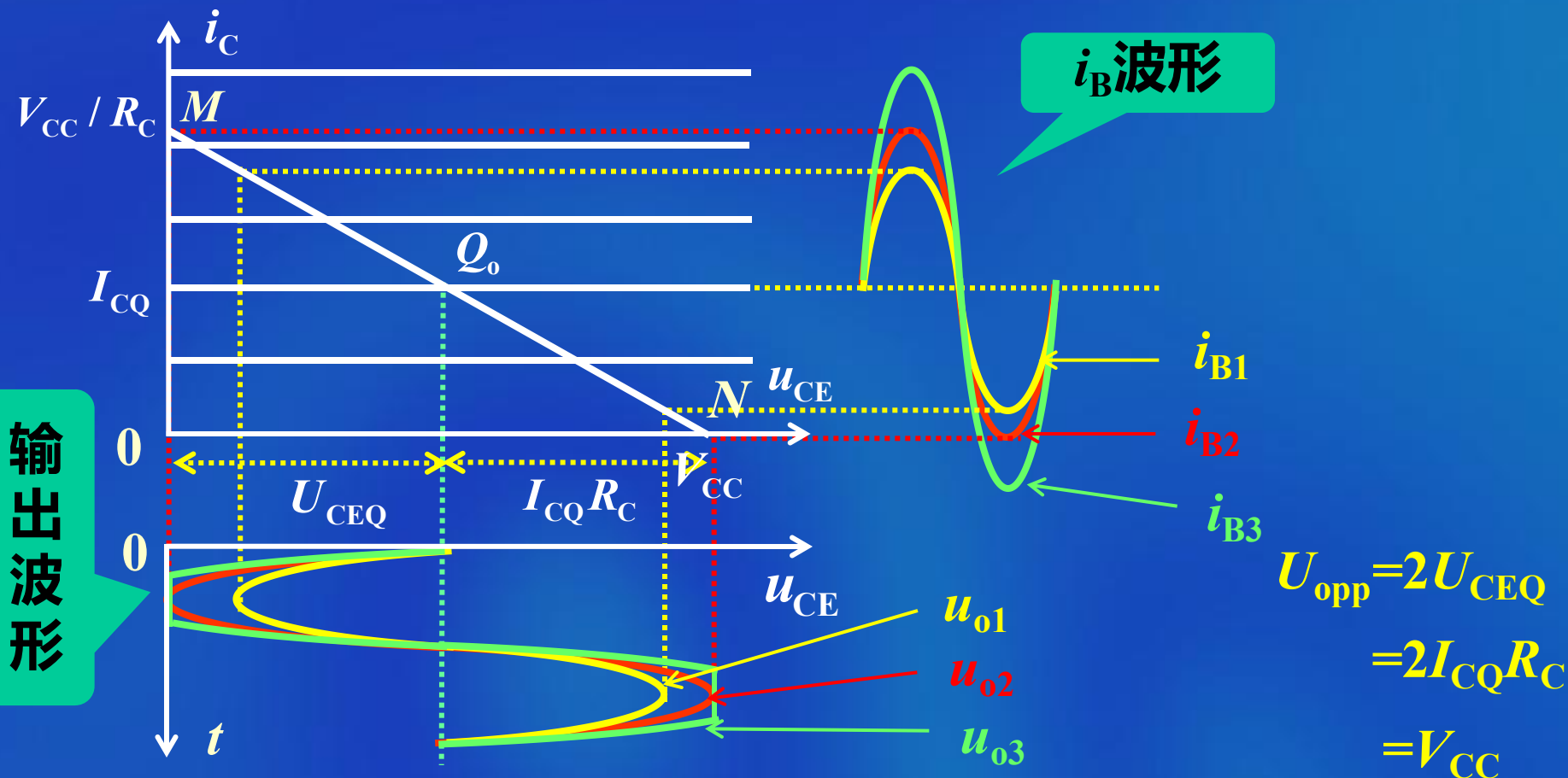
工作点合适，减小输入信号幅度，可以消除
非线性失真

仿 真 2

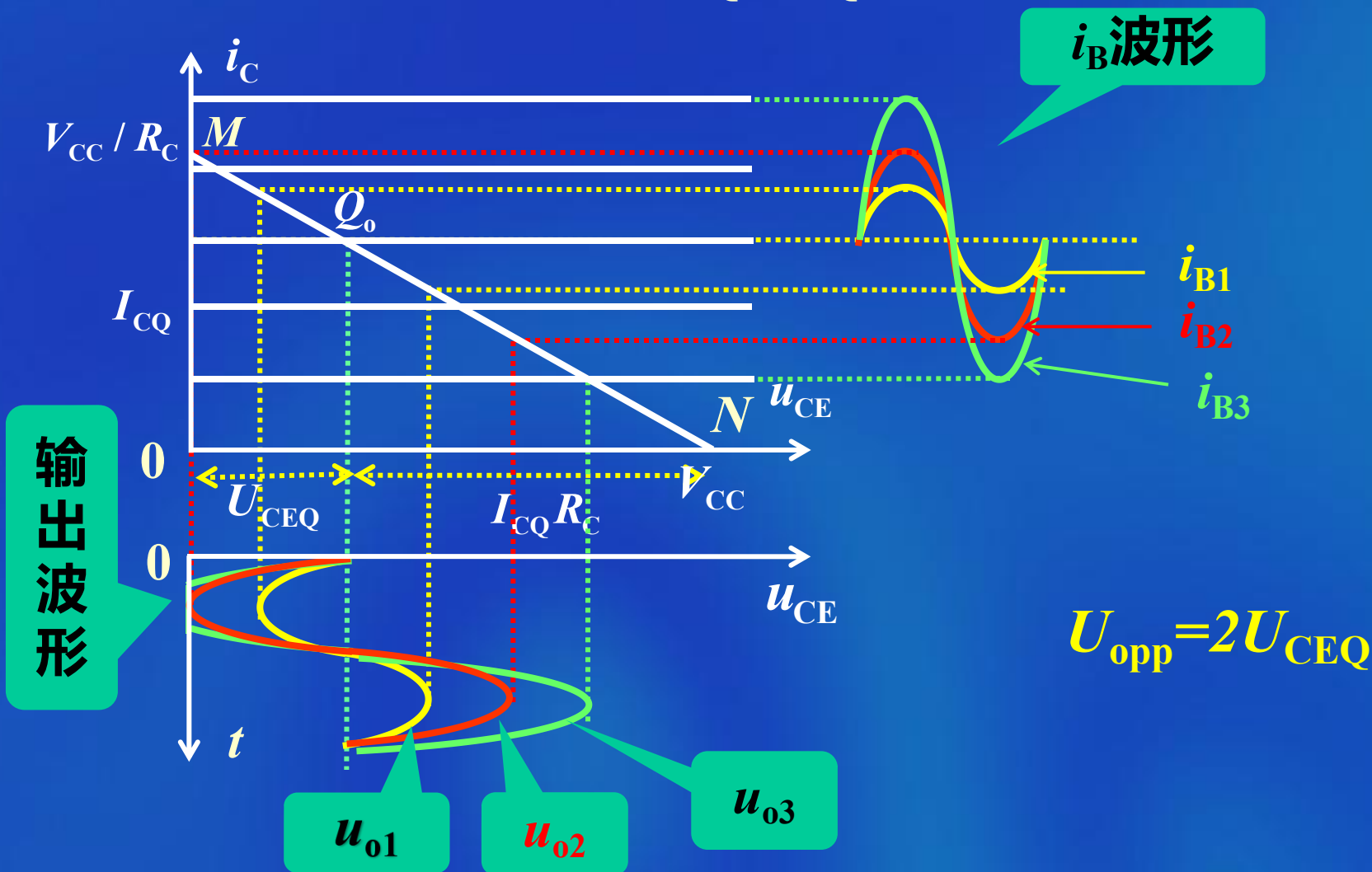


(5) 放大电路的动态范围 (忽略 U_{CES} 和 I_{CBO})

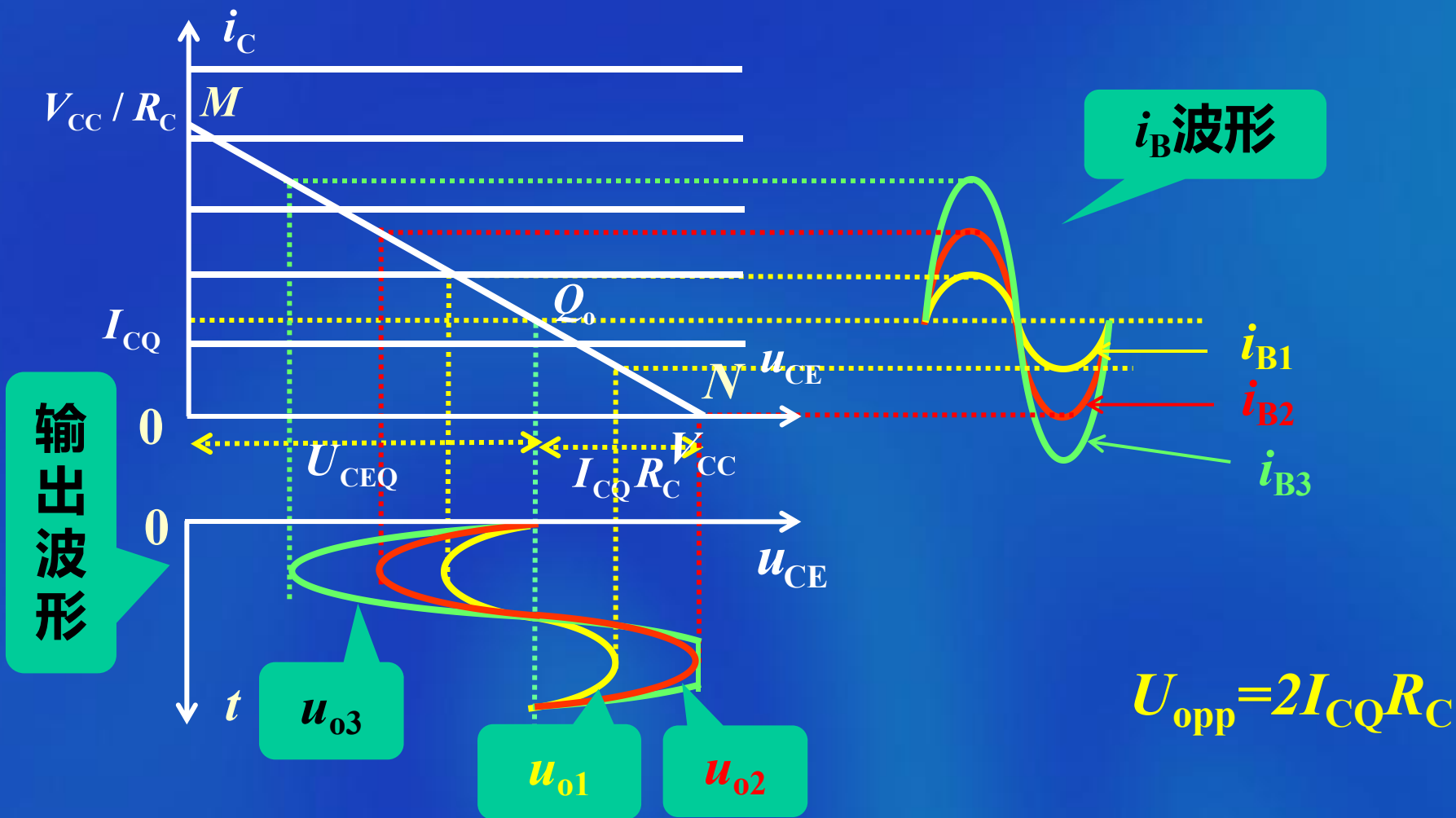
a. 如果 $U_{CEQ} = I_{CQ}R_C = V_{CC}/2$



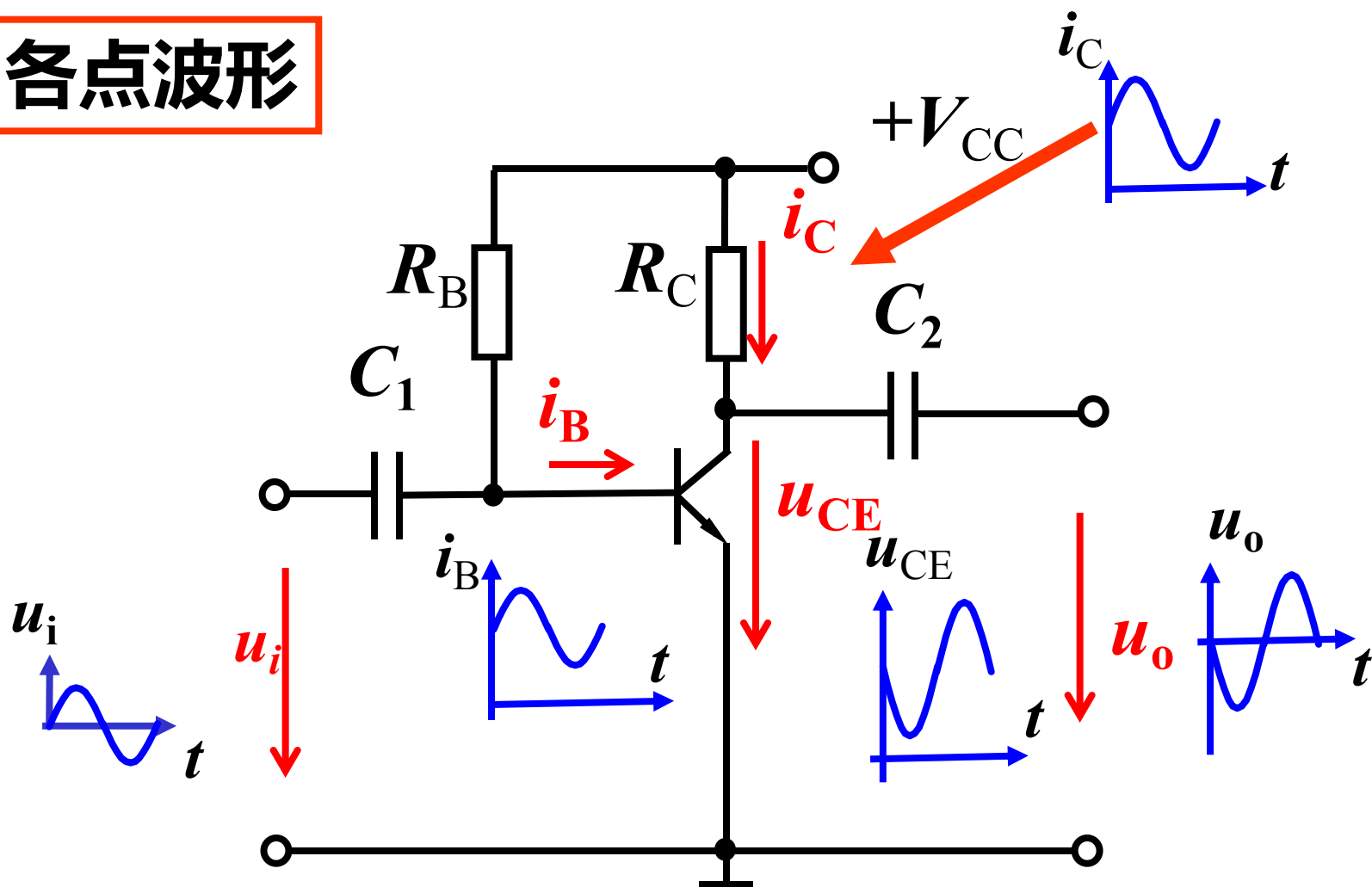
b. 如果 $U_{CEQ} < I_{CQ}R_C$



C. 如果 $U_{CEQ} > I_{CQ}R_C$



各点波形



结论:

(1) 共射极放大电路有电压放大能力。

(2) u_o 与 u_i 的相位相反。

(3) u_i 的幅度过大或静态工作点不合适，将产生非线性失真（饱和失真、截止失真）。

(4) 放大电路信号

$$u_{BE} = U_{BE} + u_i$$

$$i_B = I_B + i_b$$

$$i_C = I_C + i_c$$

$$u_{CE} = U_{CE} + u_{ce}$$

(5) 动态范围(忽略 I_{CEO} 和 U_{CES})

(a) Q_0 点在负载线的中点

$$U_{CEQ} = I_{CQ} R_C = V_{CC} / 2$$

$$U_{OPP} = 2 \times U_{CEQ} = 2 I_{CQ} R_C = V_{CC}$$

(b) Q_0 点在负载线中点下方

$$U_{CEQ} > I_{CQ} R_C$$

$$U_{opp} = 2 I_{CQ} R_C$$

(c) Q_0 点在负载线中点上方

$$U_{CEQ} < I_{CQ}R_C \quad U_{opp} = 2 U_{CEQ}$$

(d) U_{opp} 的一般表示式

$$U_{opp} = 2 \times \min[U_{CEQ}, I_{CQ}R_C]$$

(6) 非线性失真的特点：

饱和失真：输出电压波形的下半部被削平。

截止失真：输出电压波形的上半部被削平。

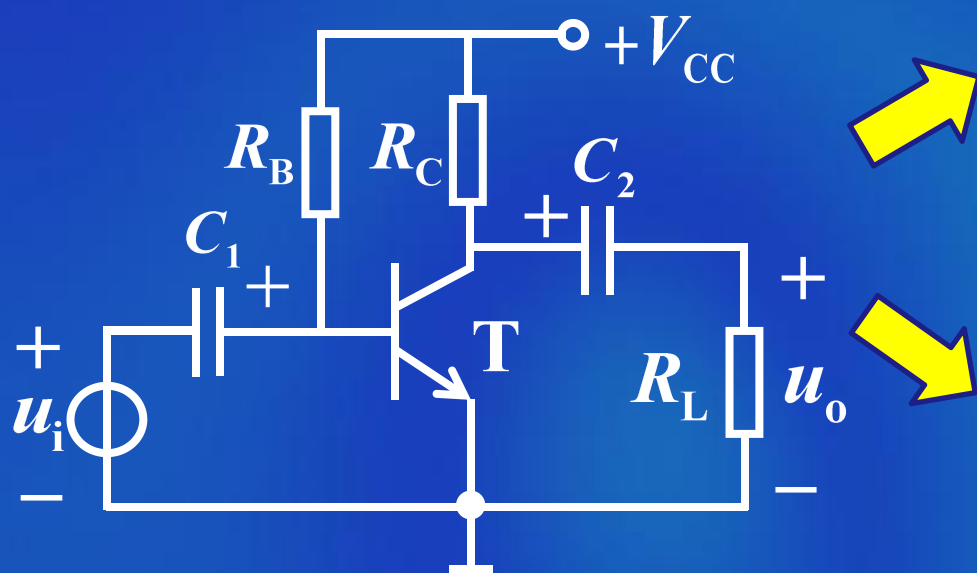


2. 当 $R_L \neq \infty$ 时

(1) 放大电路的交流通路

放大电路中信号的特点：

交直流共存



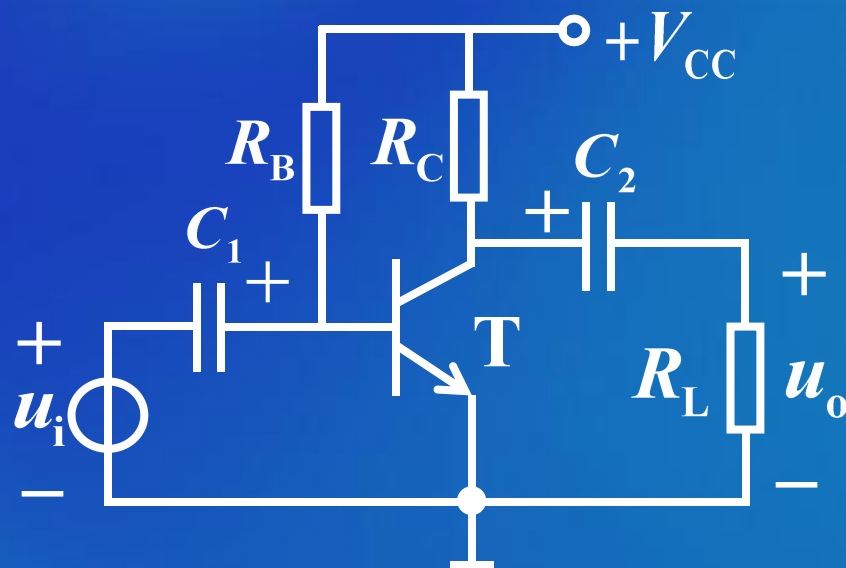
直流通路

交流通路

不同的
信号在
不同的
通路中
分析

2. 当 $R_L \neq \infty$ 时

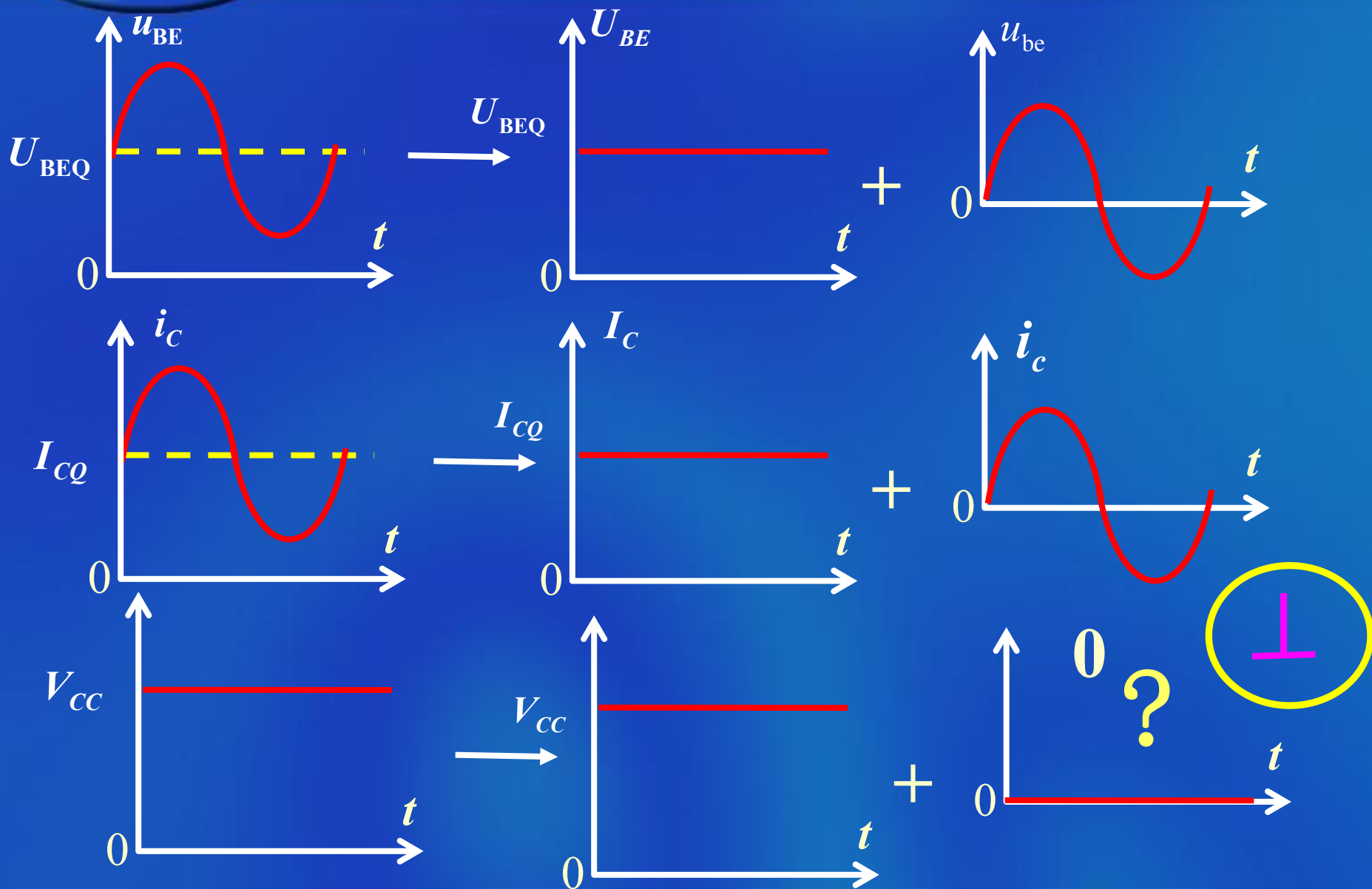
(1) 放大电路的交流通路



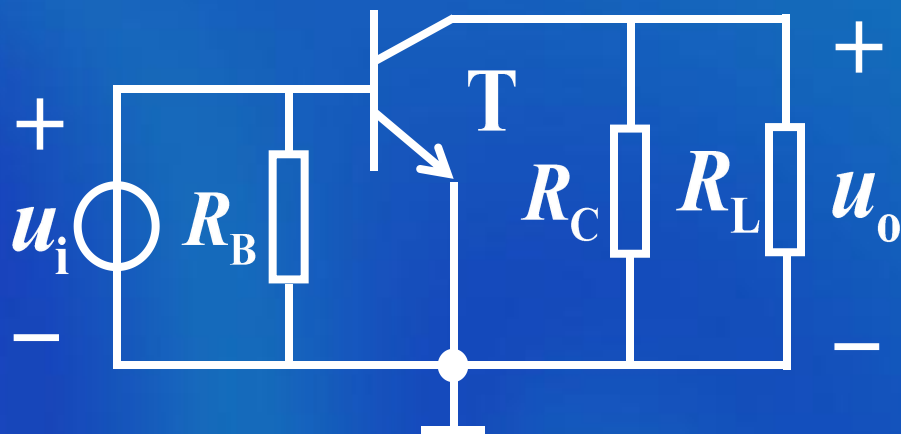
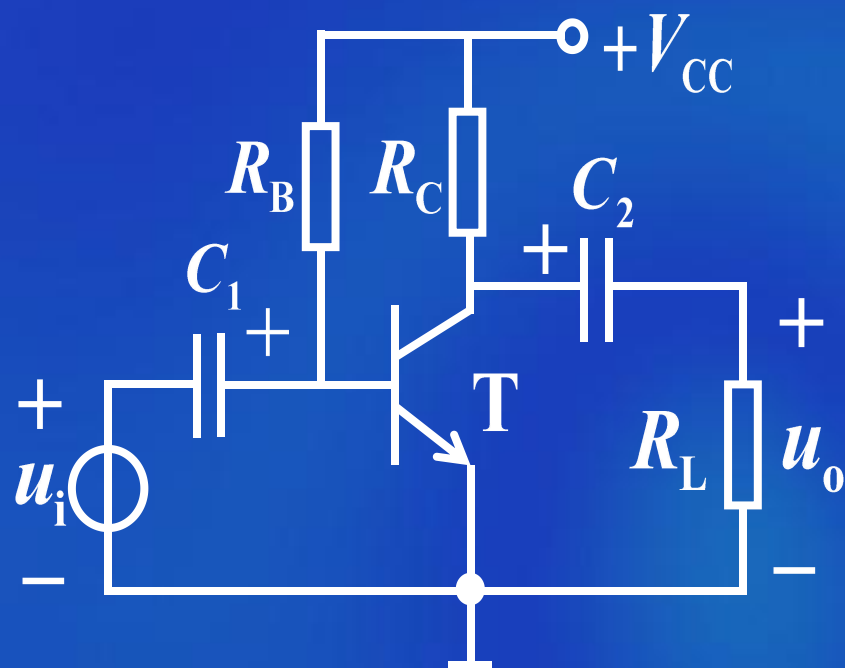
交流通路
画法：

耦合电容短路

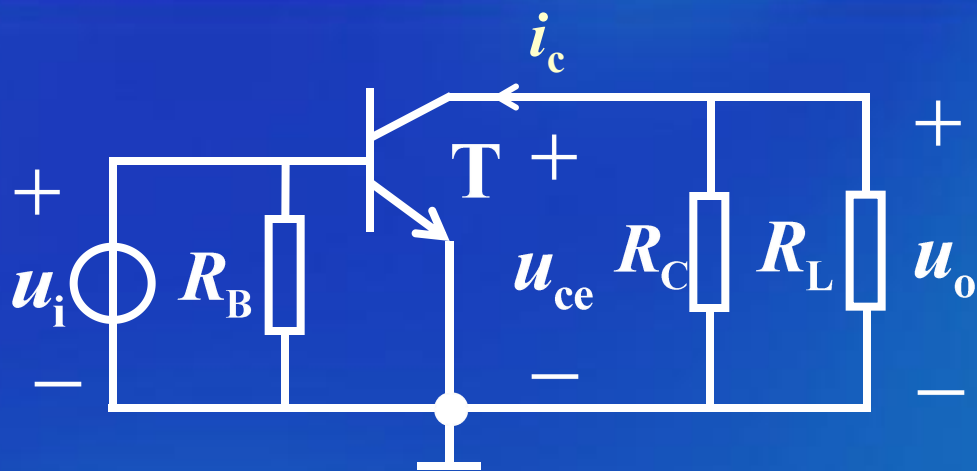
V_{CC} 如何处理？



交流通路画法：{ 耦合电容短路
直流电压源短路(接地)



交流通路



由放大电路的交流通路可知

$$\begin{aligned} u_o = u_{ce} &= -i_c R_L // R_C \\ &= -i_c R'_L \end{aligned}$$

式中

$$R'_L = R_C // R_L$$

(2) 交流负载线

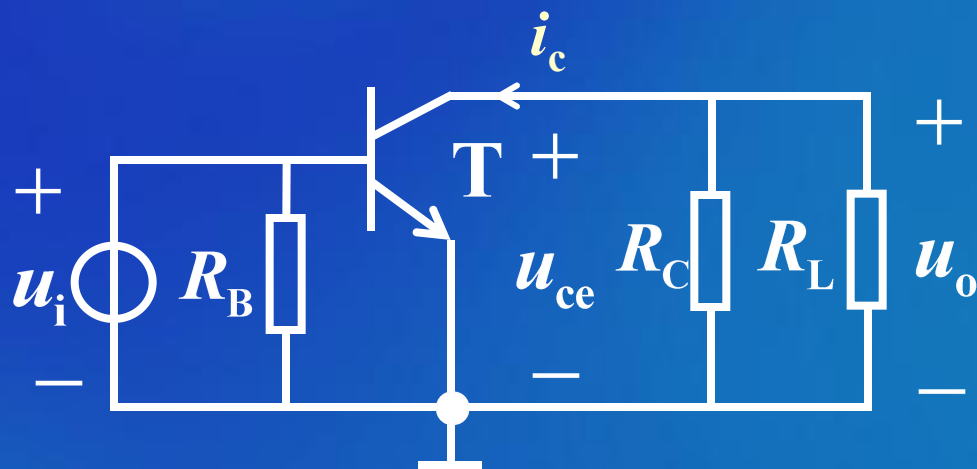
由于

$$u_{CE} = U_{CEQ} + u_{ce}$$

故

$$u_{ce} = -i_c R'_L$$

$$i_C = I_{CQ} + i_c$$

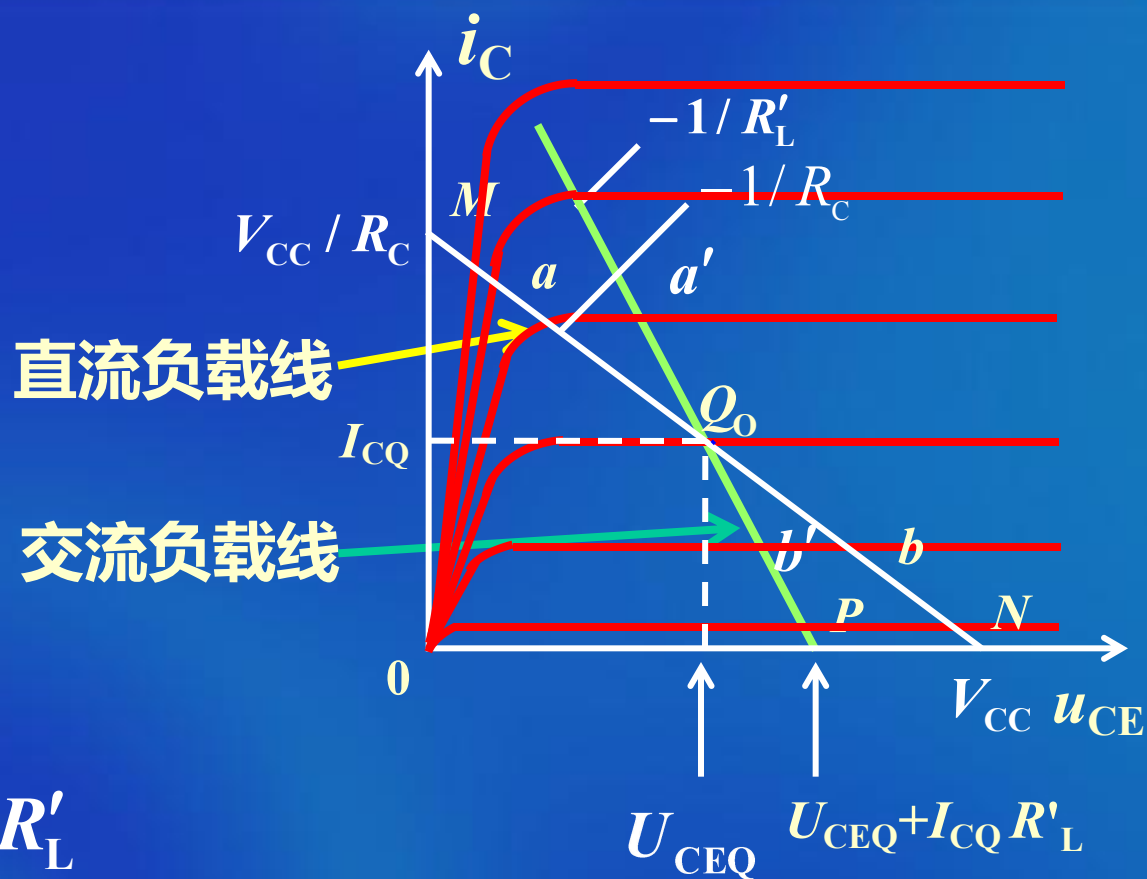


$$u_{CE} = U_{CEQ} - (i_C - I_{CQ})R'_L$$

$$= U_{CEQ} + I_{CQ}R'_L - i_C R'_L$$

$$= V'_{CC} - i_C R'_L$$

式中 $V'_{CC} = U_{CEQ} + I_{CQ}R'_L$



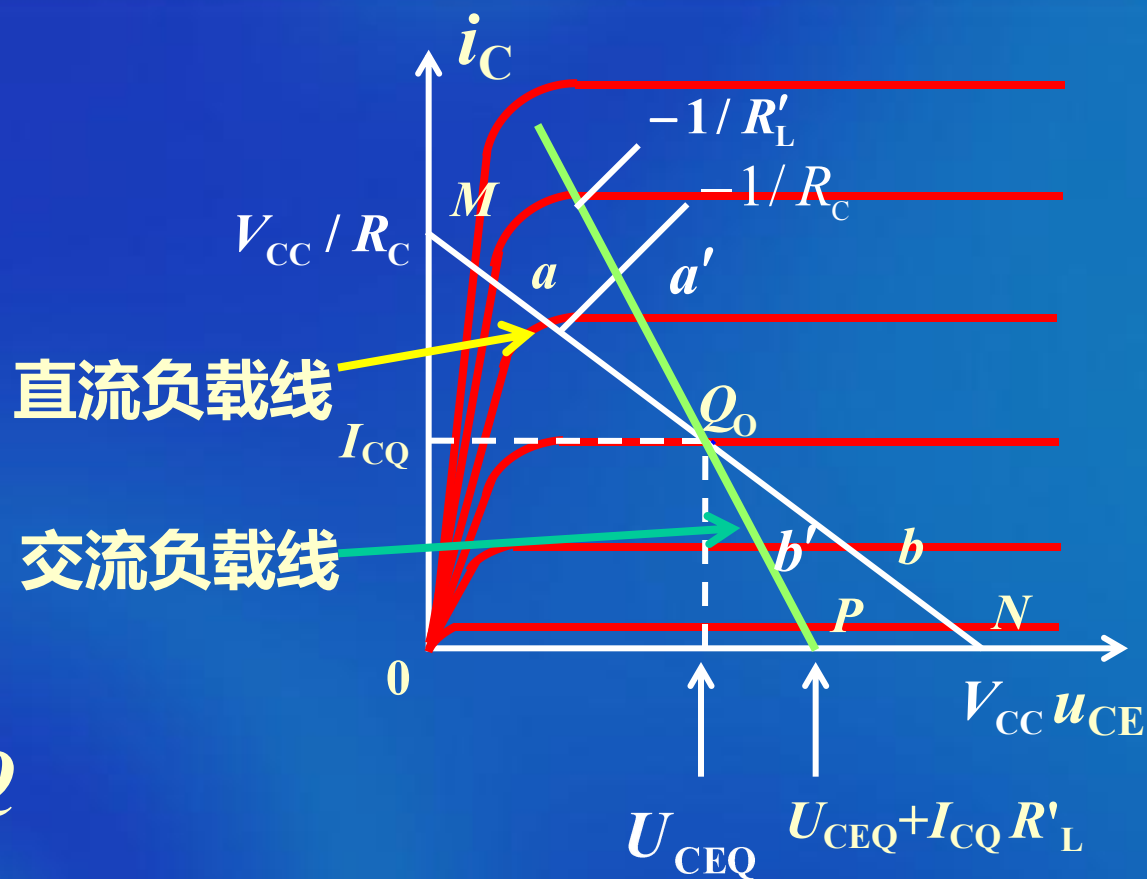
$$\text{式 } u_{CE} = V'_{CC} - i_C R'_L$$

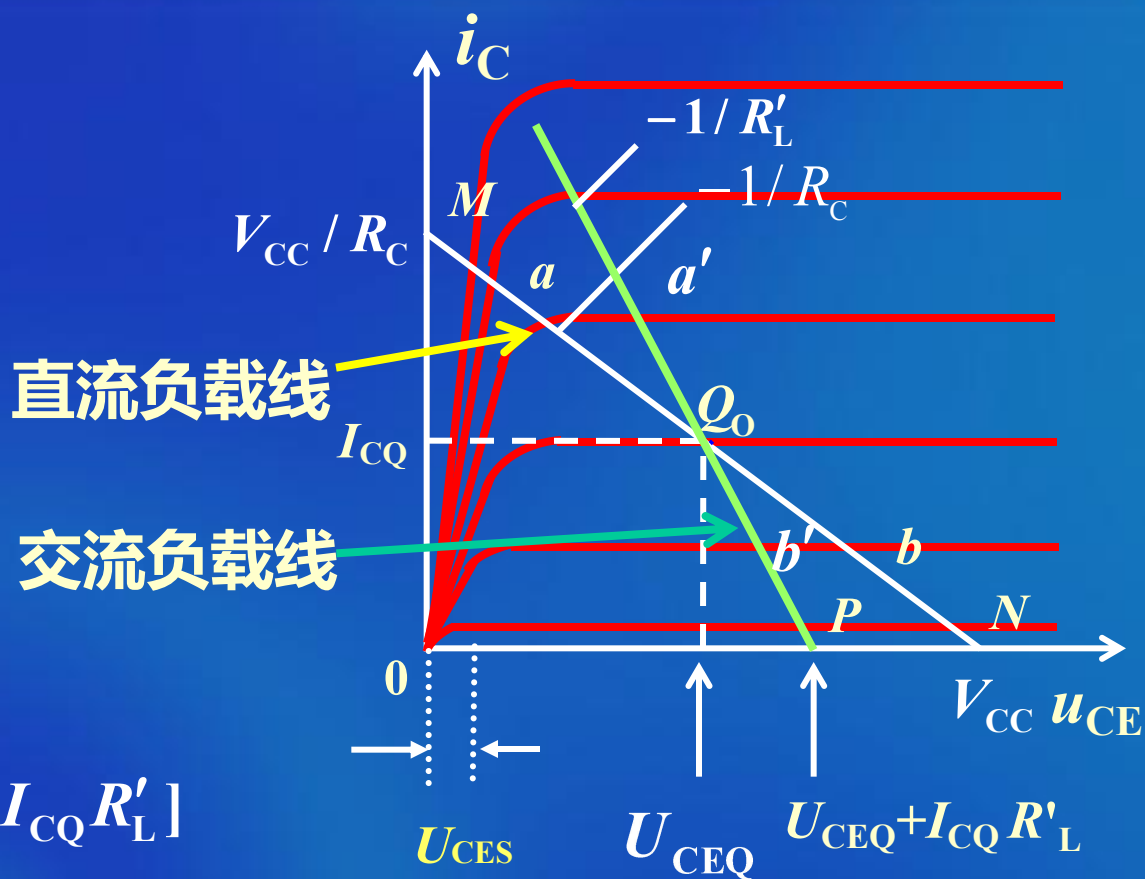
在 u_{CE} 和 i_C 的坐标中，也表示一条直线

该直线称为放大电路的**交流负载线**。

交流负载线的特点:

- 斜率为 $-1/R'_L$
- 经过静态工作点 Q
- 与横轴的交点为 $U_{CEQ} + I_{CQ} R'_L$
- 电路的工作点沿交流负载线移动。





e. 动态范围

(a) 比电路空载时小。

(b) $U_{OPP} = 2 \times \min[U_{CEQ}, I_{CQ} R'_L]$

(c) 当考虑 U_{CES} 时

$$U_{OPP} = 2 \times \min(U_{CEQ} - U_{CES}, I_{CQ} R'_L)$$

图解法的特点：

- (1) 便于观察。
- (2) 作图烦琐， U_i 很小时难以作图。
- (3) 放大电路一些性能指标无法由图解法求得。