



中国科学技术大学
University of Science and Technology of China

实验二

丙类谐振功率放大 与高电平调幅

一、实验目的

1. 了解丙类高频谐振功率放大器的构成及工作原理。
2. 熟悉谐振功率放大器的三种工作状态及负载特性、调制特性、放大特性和调谐特性。
3. 掌握谐振功率放大器的直流功率 P_E 、输出功率 P_O 和效率 η_c 的测量方法。
4. 掌握高电平调幅的原理与实现方法。
5. 掌握用频谱仪观测信号频谱及调制度的测量方法。

二、实验原理

1. 作用：不失真地放大高频信号，是通信系统发射机的重要组成部分电路。

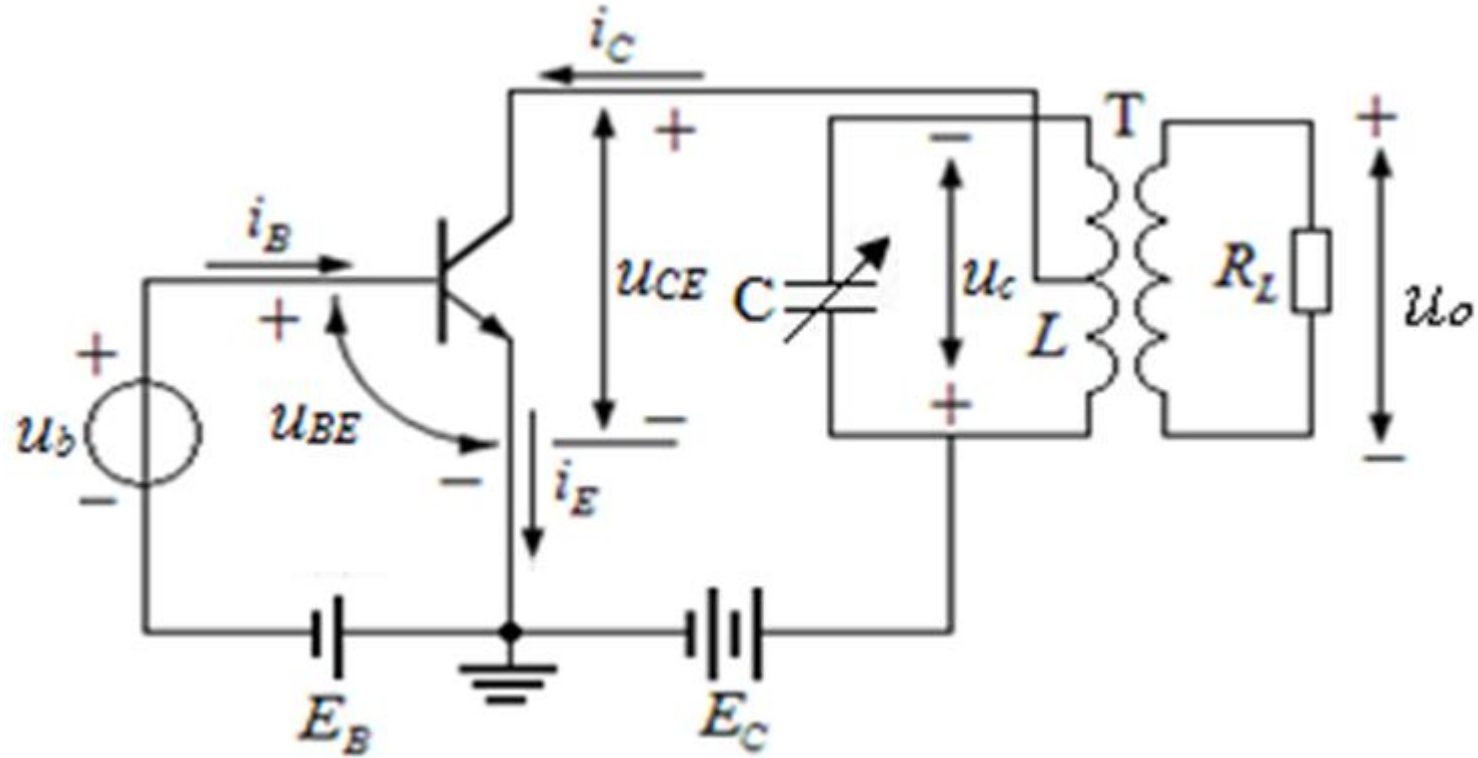
2. 性能要求：

- ① 功率足够大（功率越大传输距离越远）
- ② 效率高
- ③ 非线性失真小
- ④ 频带宽度满足要求

3. 特点：

- ① 信号大、晶体管工作延伸到非线性区——截止和饱和区。
- ② 高频，窄带，通常集电极负载采用LC谐振回路。
- ③ 为提高效率，一般工作在丙类状态（晶体管基极偏压采用负值， $\theta_c < 90^\circ$ ）。

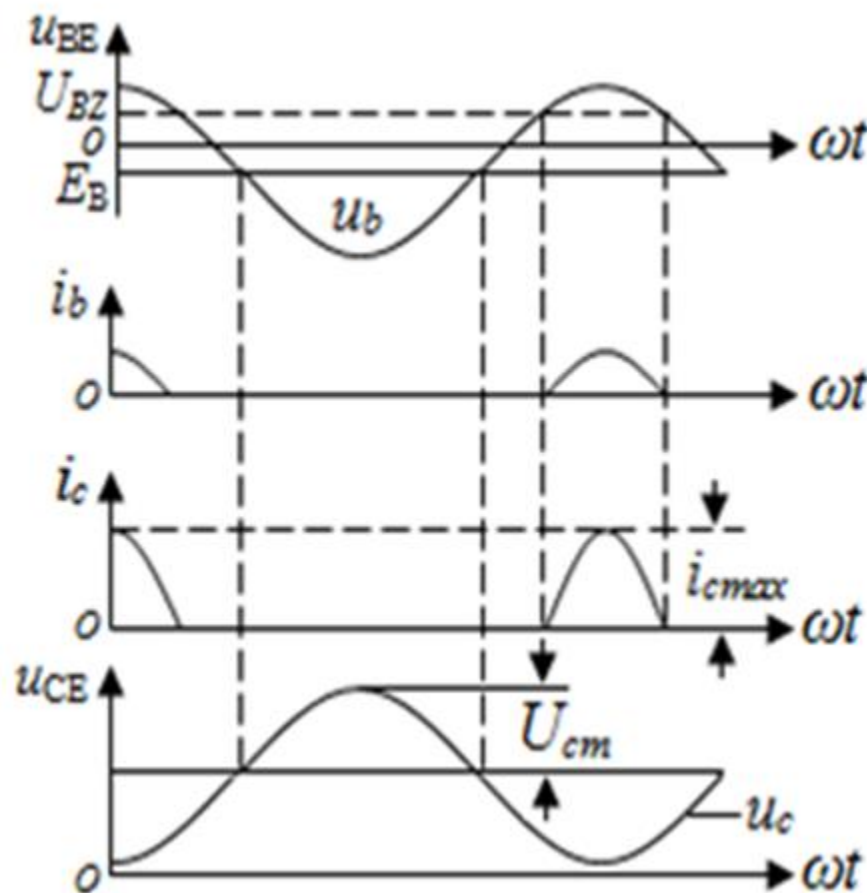
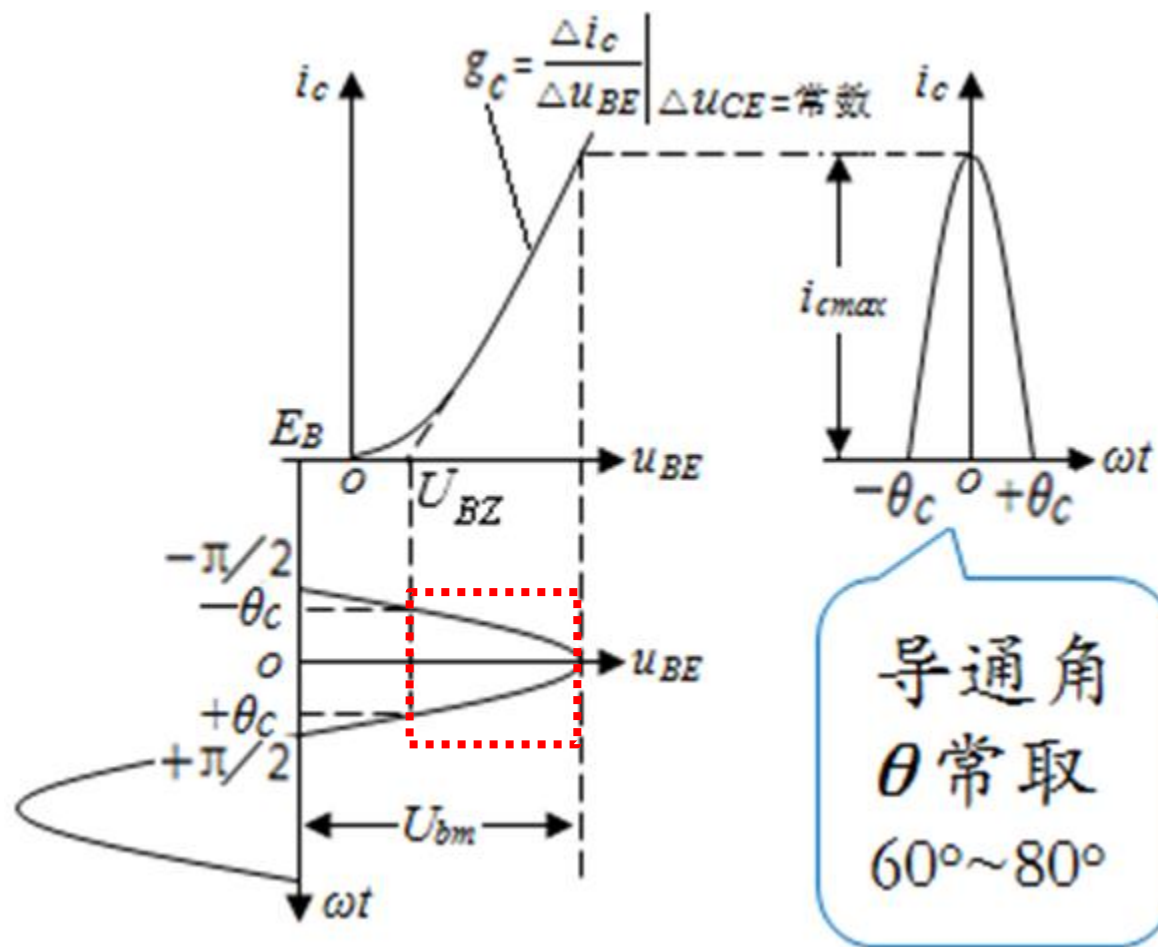
4. 基本原理电路



$$u_{BE} = -E_B + u_b = -E_B + U_{bm} \cos \omega t$$

$$u_{CE} = E_C - u_c = E_C - U_{cm} \cos \omega t$$

5. 分析方法：常采用折线分析法



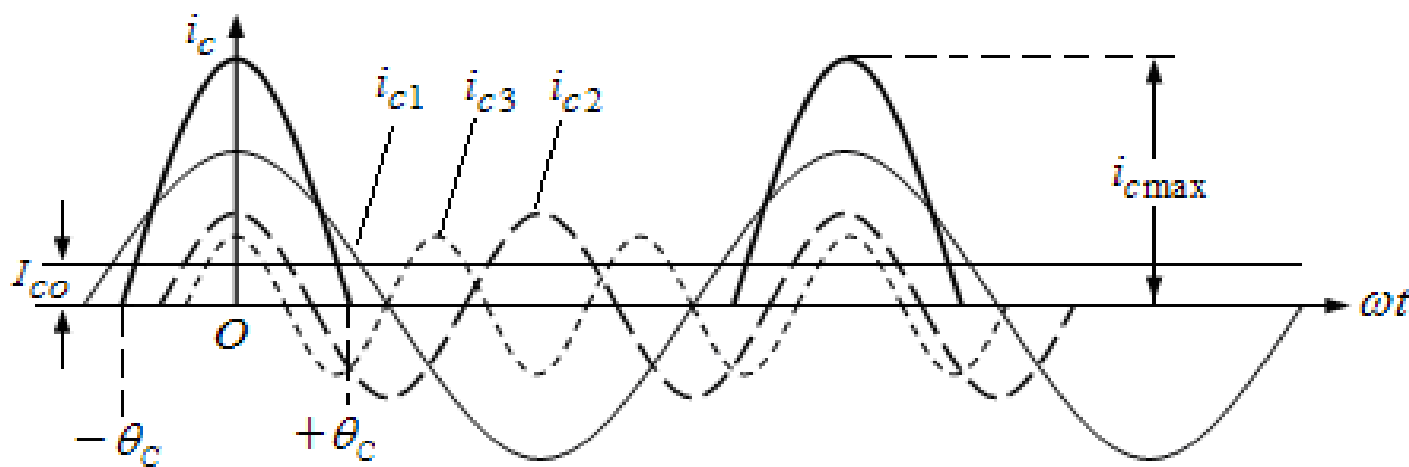
各级电压、电流波形

6. 晶体管集电极电流

$$i_c = g_c (u_{BE} - U_{BZ}) = i_{C\max} \frac{\cos \omega t - \cos \theta_c}{1 - \cos \theta_c}$$

i_c 为尖顶余弦脉冲，用傅里叶级数展开：

$$i_c(t) = I_{co} + I_{c1m} \cos \omega t + I_{c2m} \cos 2\omega t + I_{c3m} \cos 3\omega t + \dots$$

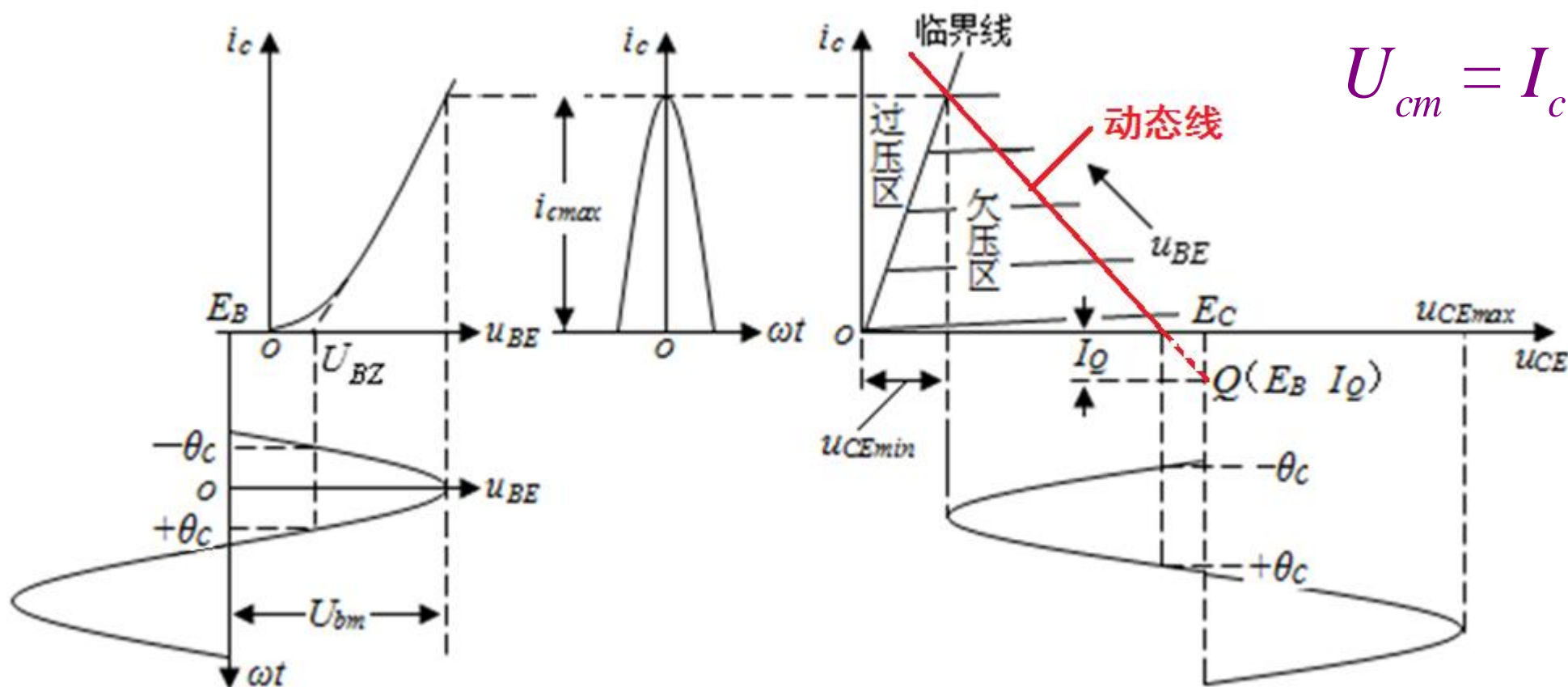


$$u_c(t) = I_{c1m} R_P \cos \omega t$$

7. 动态特性:

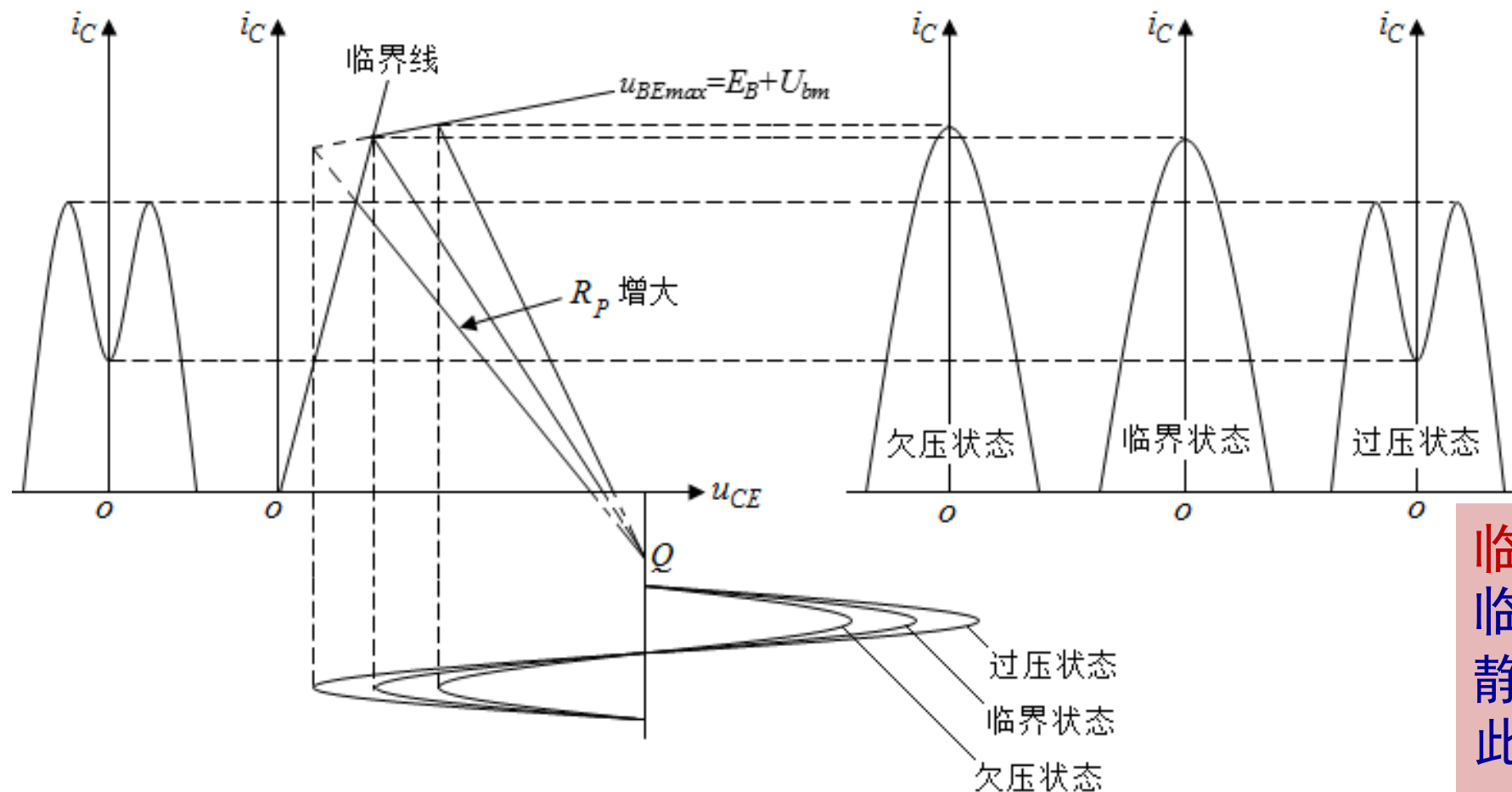
$$i_c = g_c (u_{BE} - U_{BZ}) = g_c \left[-E_B + \frac{U_{bm} (E_C - u_{CE})}{U_{Cm}} - U_{BZ} \right]$$

$$U_{cm} = I_{c1m} R_P$$



8. 谐振功率放大器的工作状态

根据晶体管集电极是否进入饱和区分为欠压、临界和过压状态。



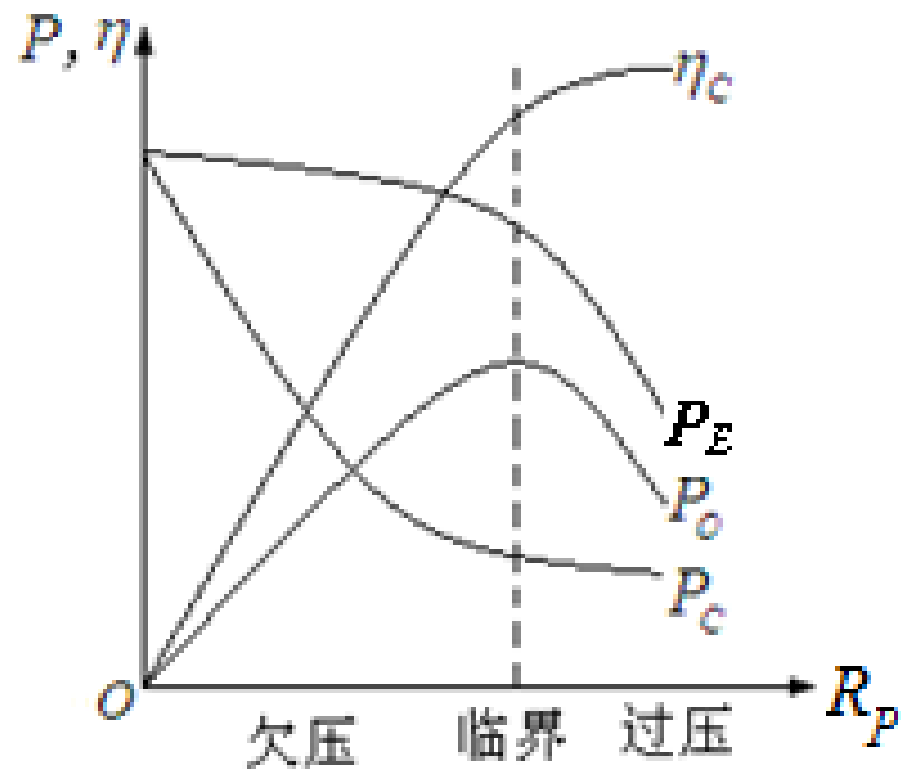
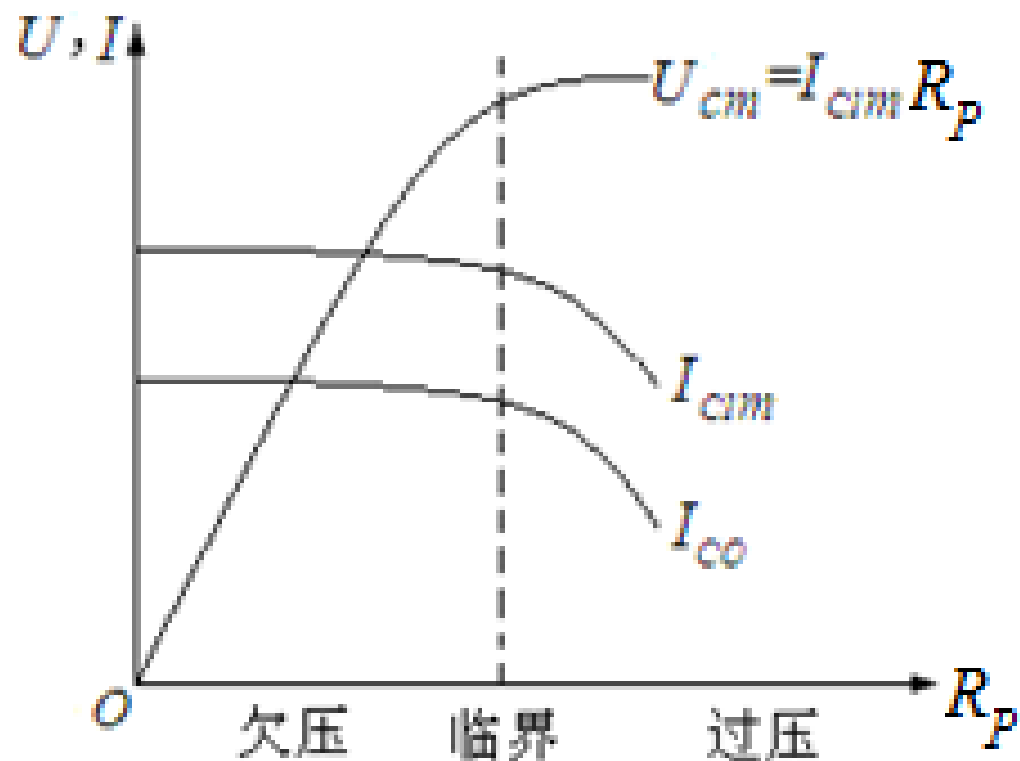
欠压状态：
输出电压小， P_O 小， η_C 小，一般用于电压放大和基极调幅。

临界状态：动态线与临界线及 $u_{BE} = u_{BEmax}$ 静态线相交于一点，此时 P_O 达到最大值， η_C 较高，是功放最佳工作状态。

过压状态：输出电压过大，以至进入饱和区。过压状态 U_{cm} 基本不变，可当做一个恒压源，另外可实现集电极调幅。

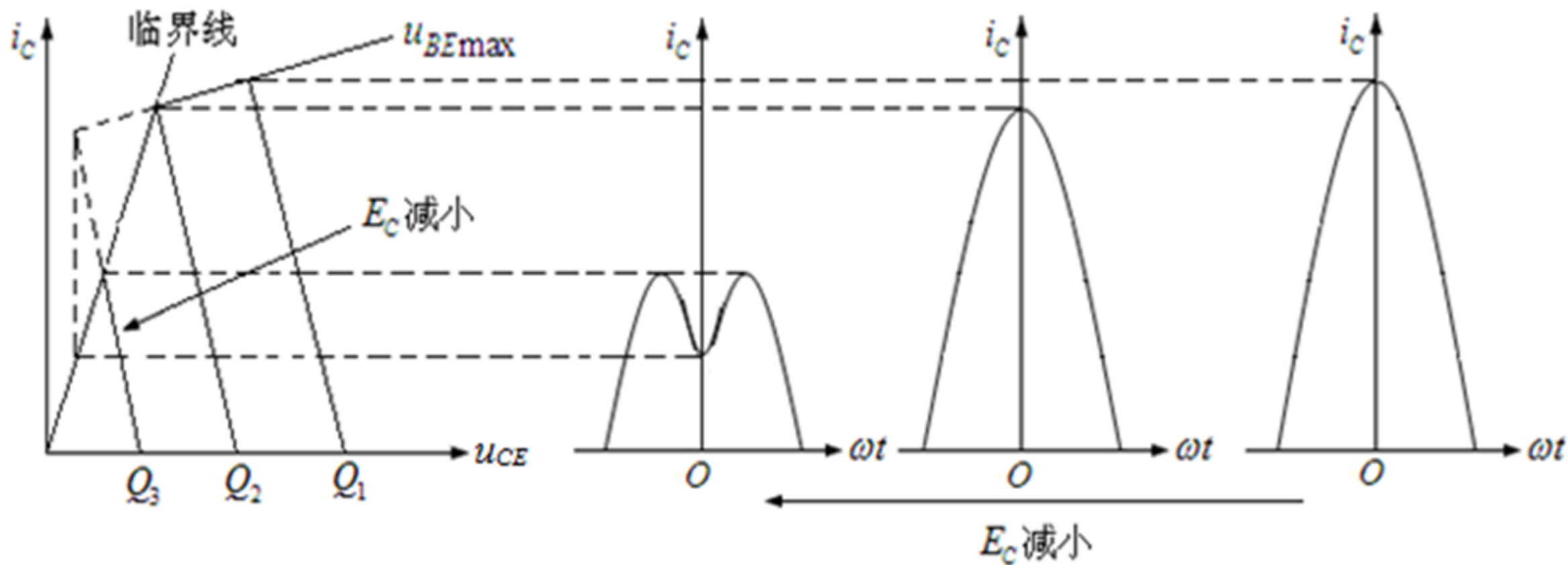
9. R_L 、 E_C 、 E_B 、 U_{bm} 变化对放大器工作状态的影响

① E_C 、 E_B 、 U_{bm} 不变， R_L 变化对放大器工作状态的影响
—负载特性

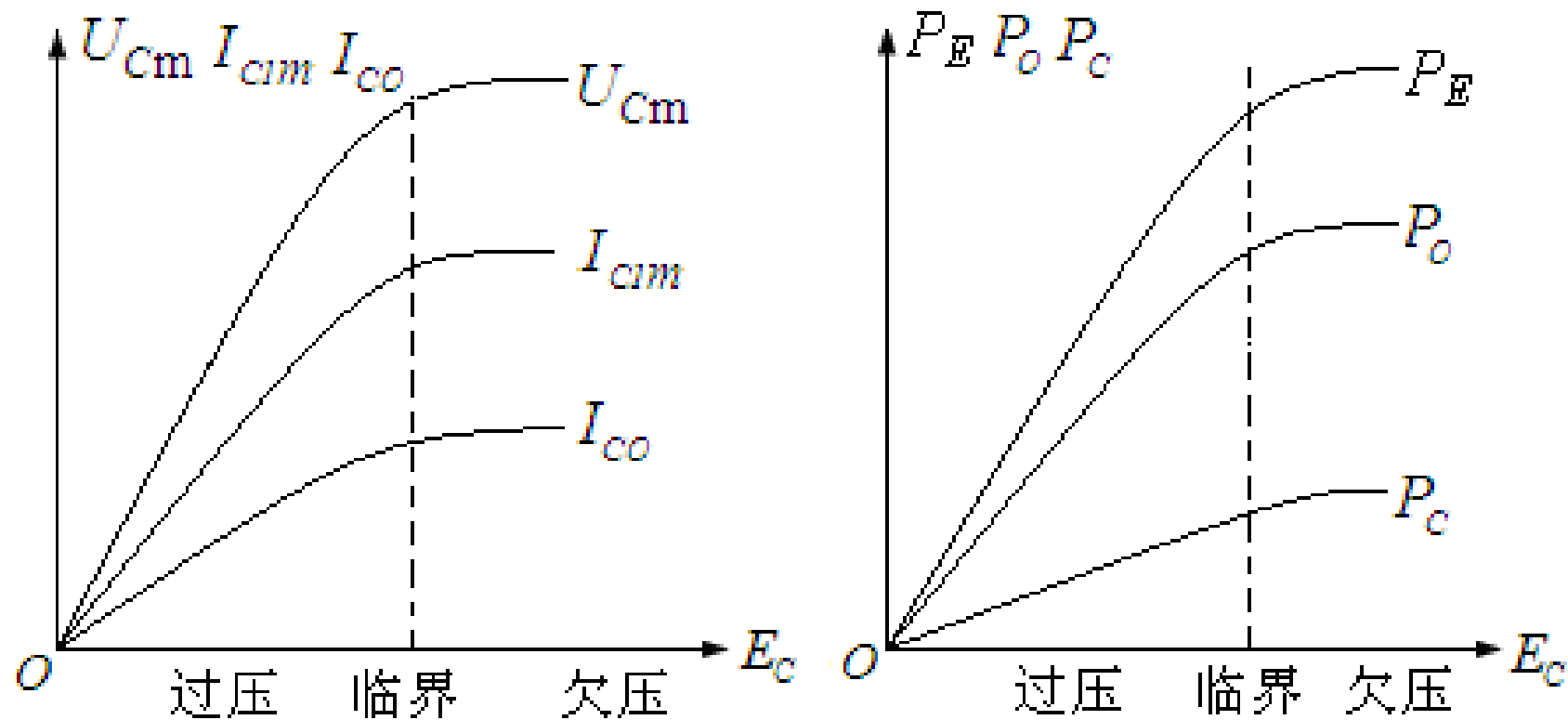


② E_B 、 U_{bm} 、 R_P 不变, E_C 变化对工作状态的影响

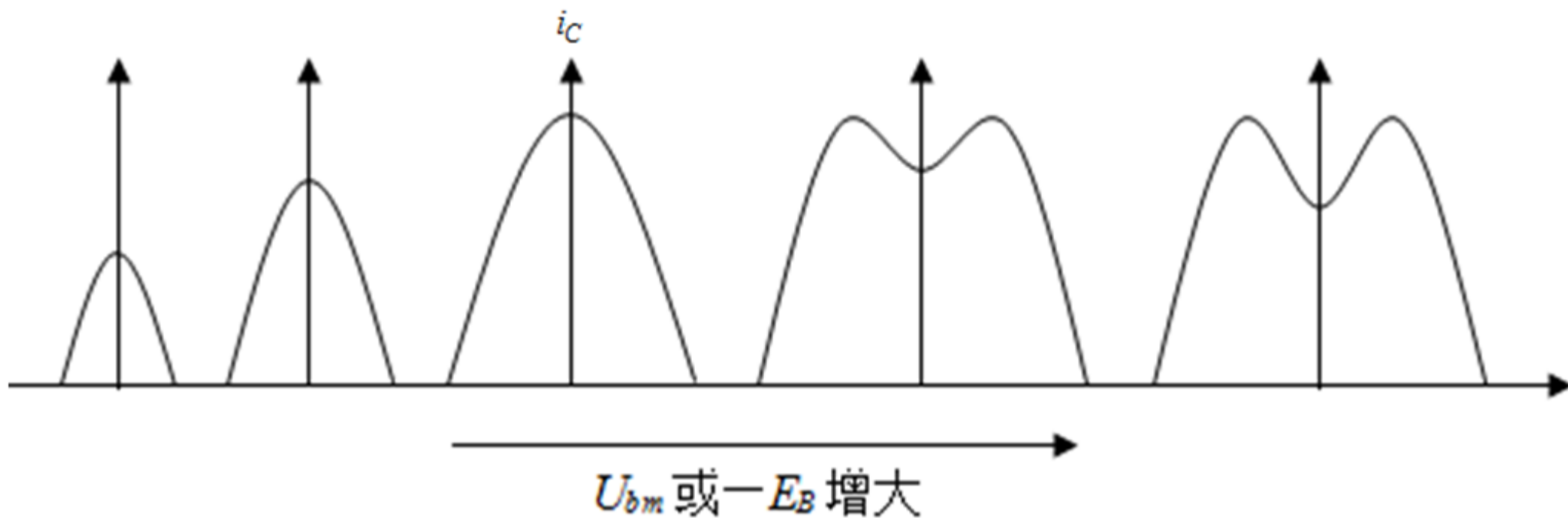
—集电极调制特性



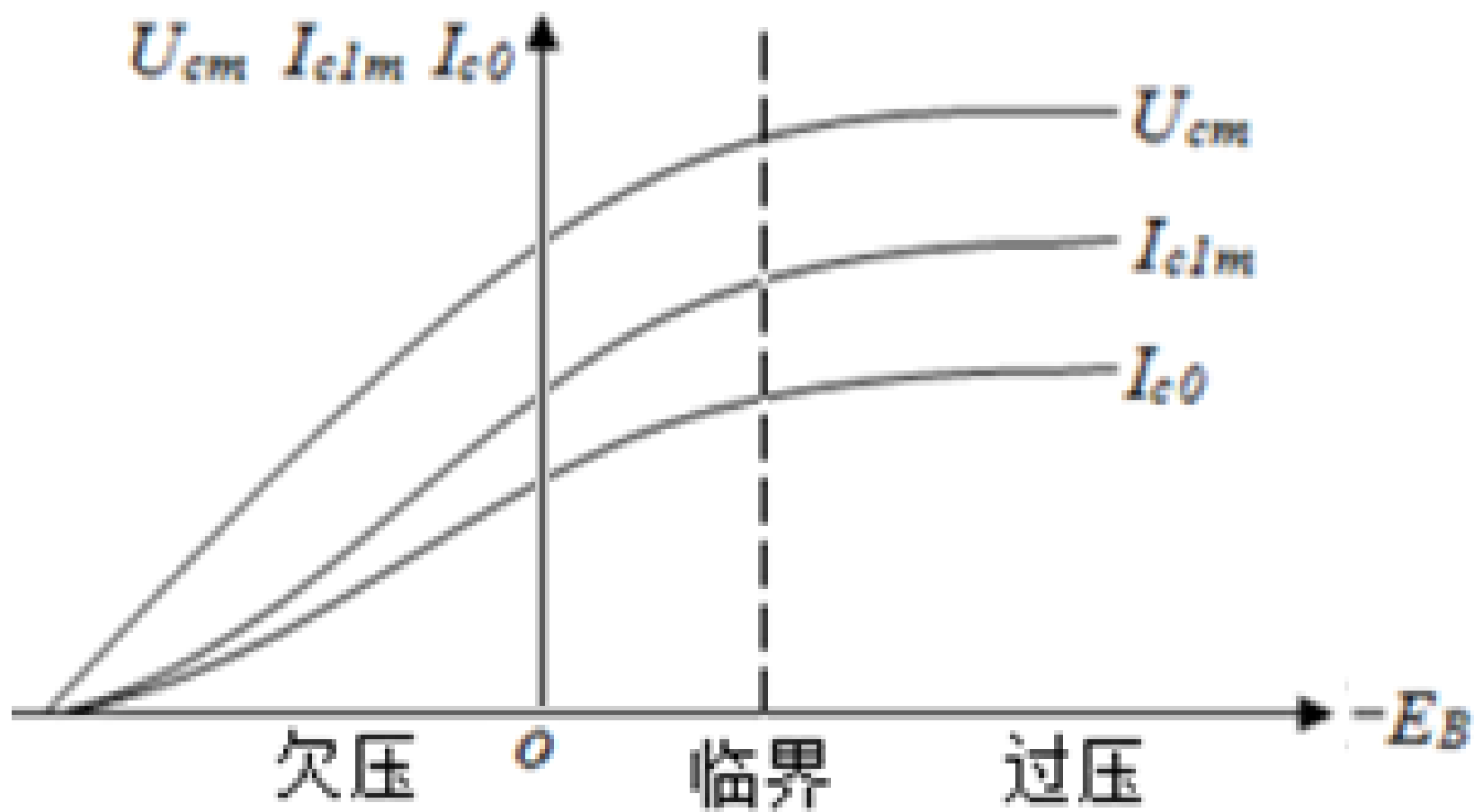
集电极调制特性



③ E_C 、 R_P 不变, E_B (或 U_{bm}) 变化对工作状态的影响 — 基极调制特性

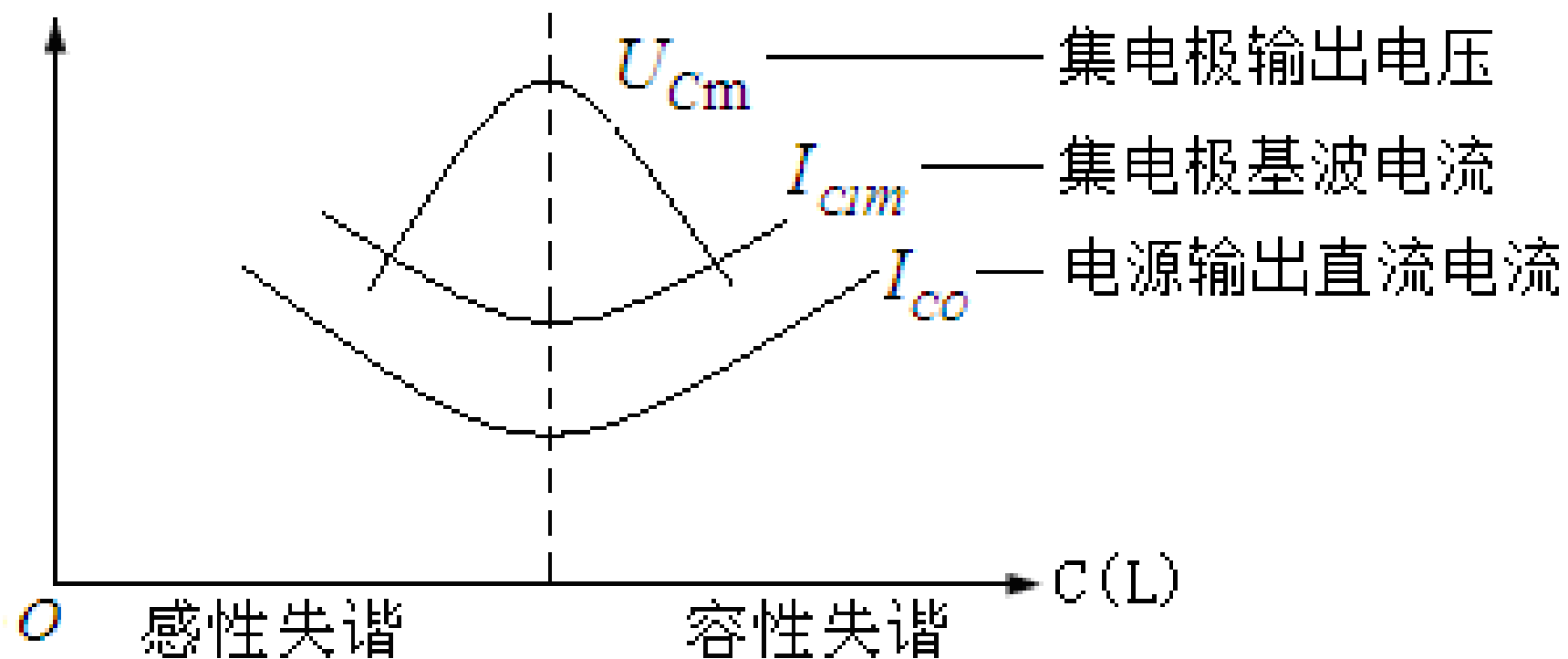


基极调制（或放大）特性



④调谐特性

高频功放的外部电流 I_{co} 、 I_{c1m} 和电压 U_{cm} 等随回路参数（L或C）的变化特性称为调谐特性



10. 丙类谐振功率放大器的主要技术指标

① 电源提供的直流功率：
$$P_E = E_C \cdot I_{C0}$$

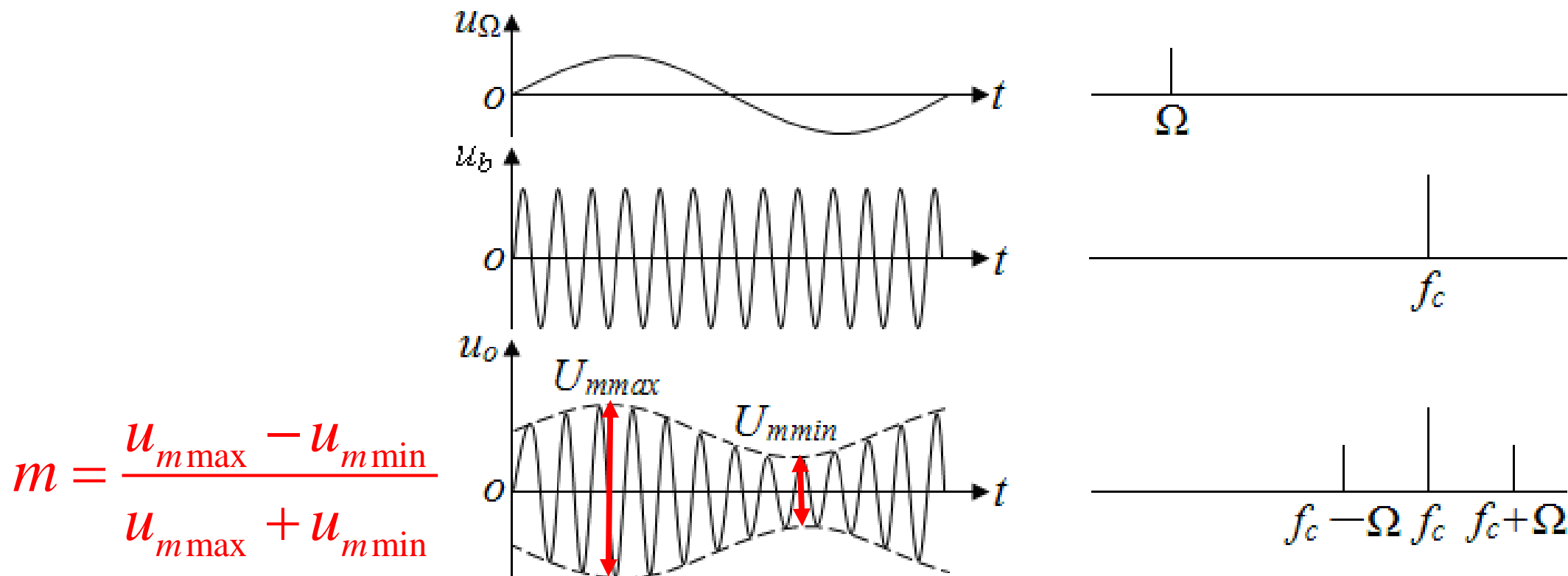
② 输出高频交流功率
$$P_o = \frac{U_{om}^2}{2R_L}$$

③ 效率：
$$\eta_c = \frac{P_o}{P_E} = \frac{P_o}{P_o + P_C}$$

式中， U_{om} 为输出电压振幅， R_L 为负载电阻， P_C 为集电极耗散功率

11. 高电平调幅

振幅调制实质上是一种频率变换，是频谱线性搬移过程。

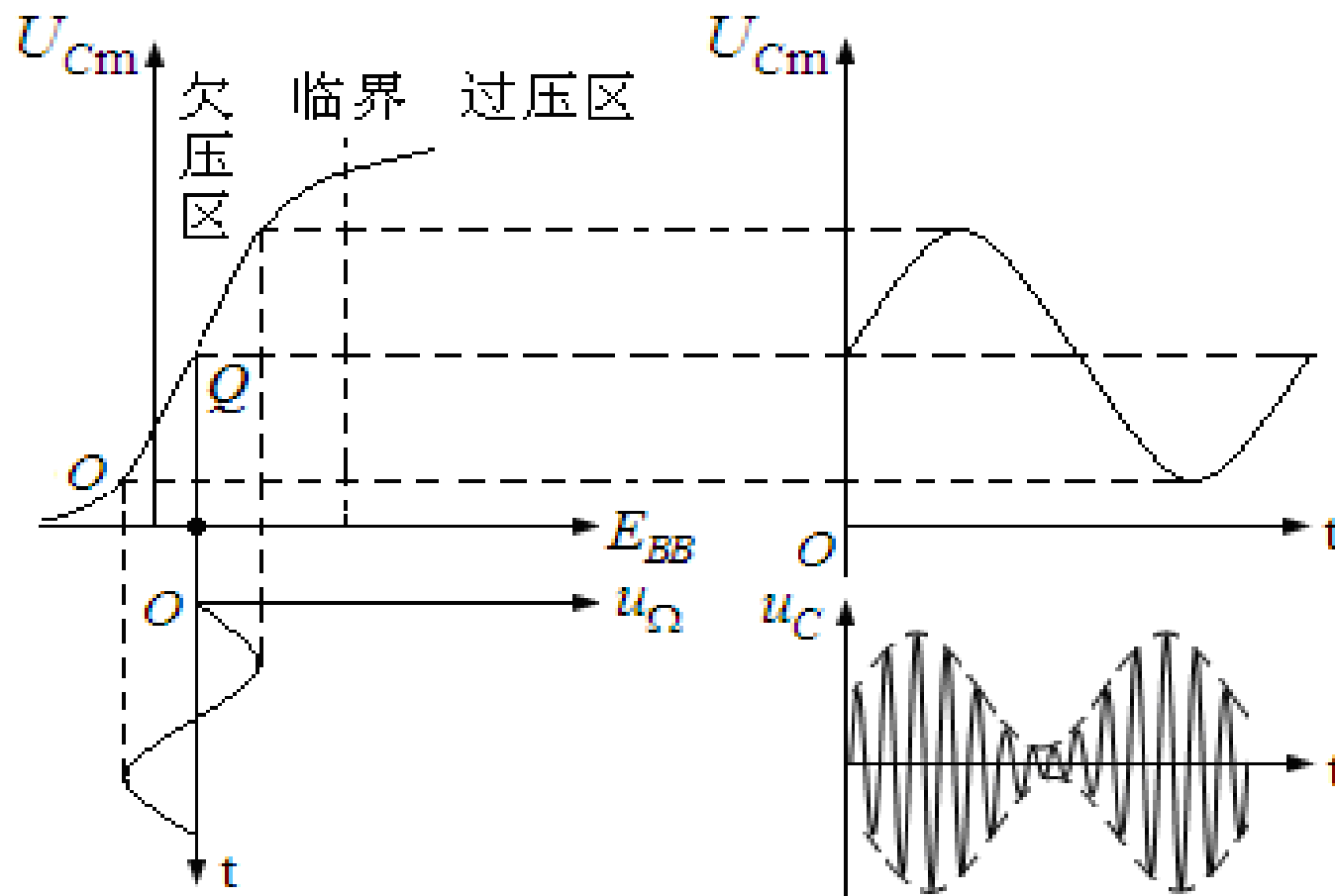


本实验电路中，调幅在信号功率较高的末级进行，属于高电平调幅，一般有基极调幅和集电极调幅两种实现方式。

基极调幅：低频调制信号由晶体管基极注入去控制高频
载波的振幅

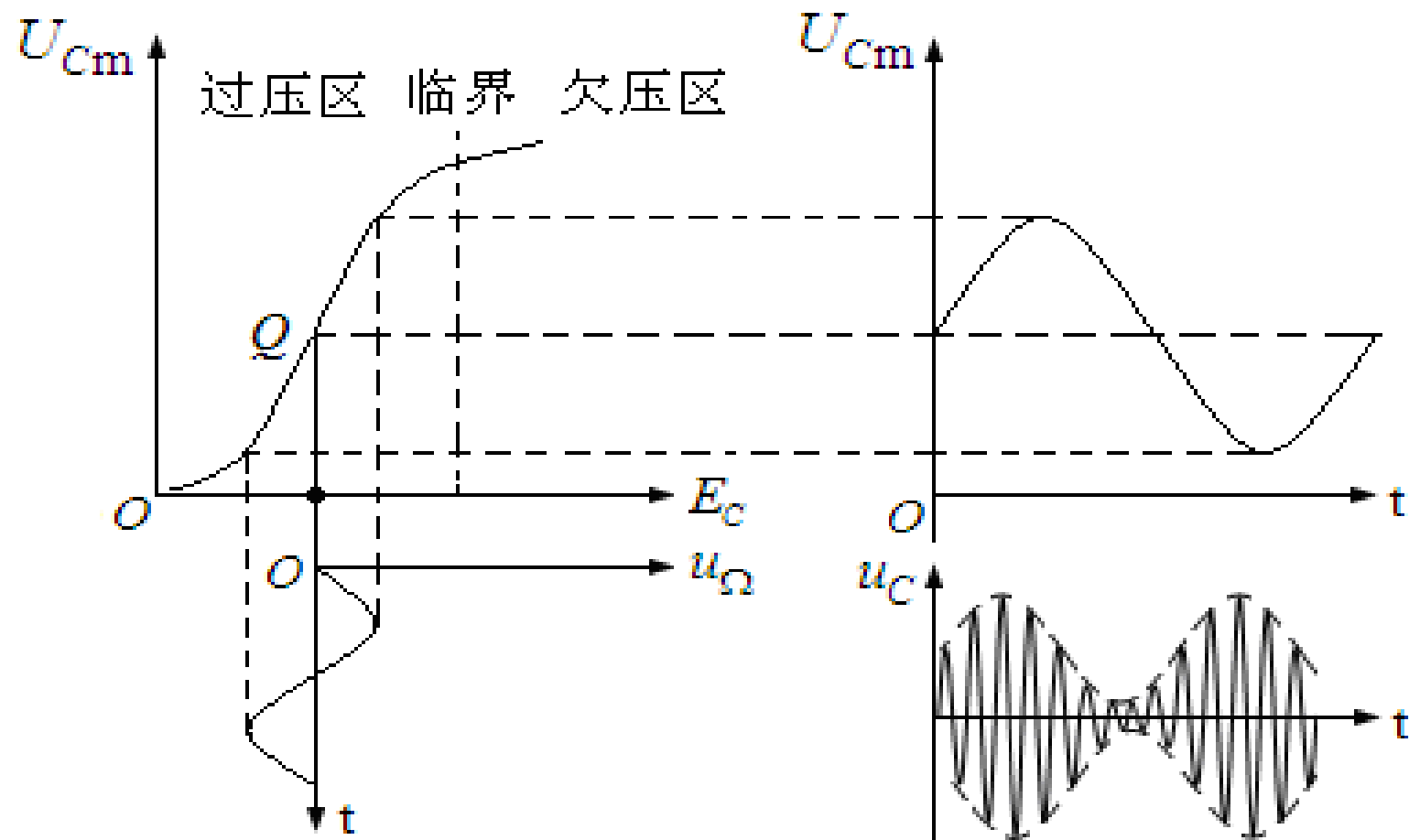
利用丙类谐振功放的基极调制特性可实现基极调幅

基极调幅
示意图：

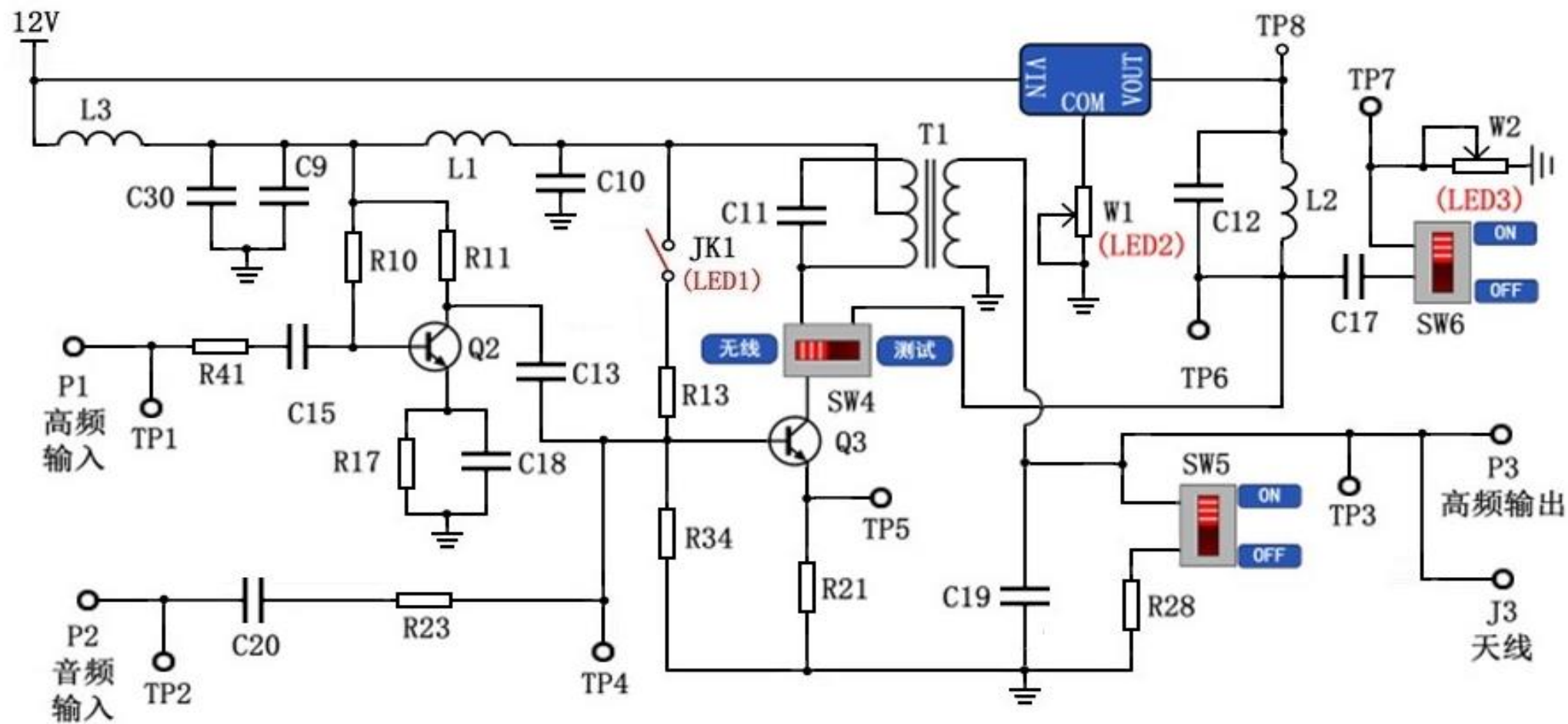


利用丙类谐振功放的集电极调制特性可实现集电极调幅

集电极调幅示意图:

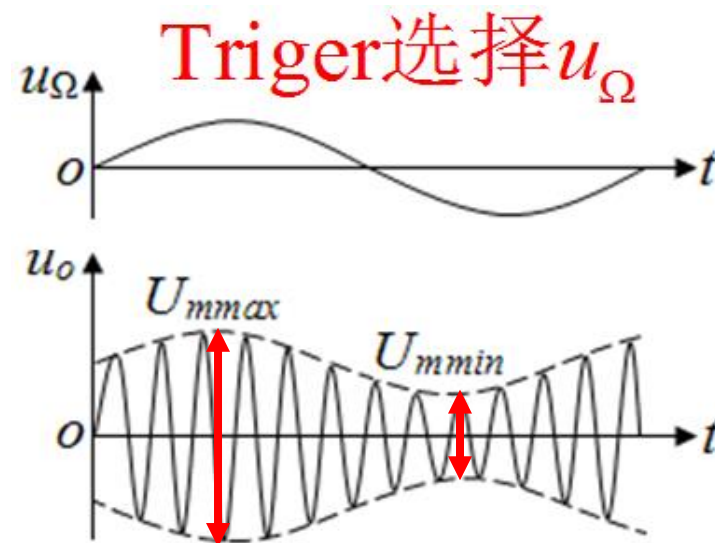


三. 实验电路



四、实验内容：

参见实验教材

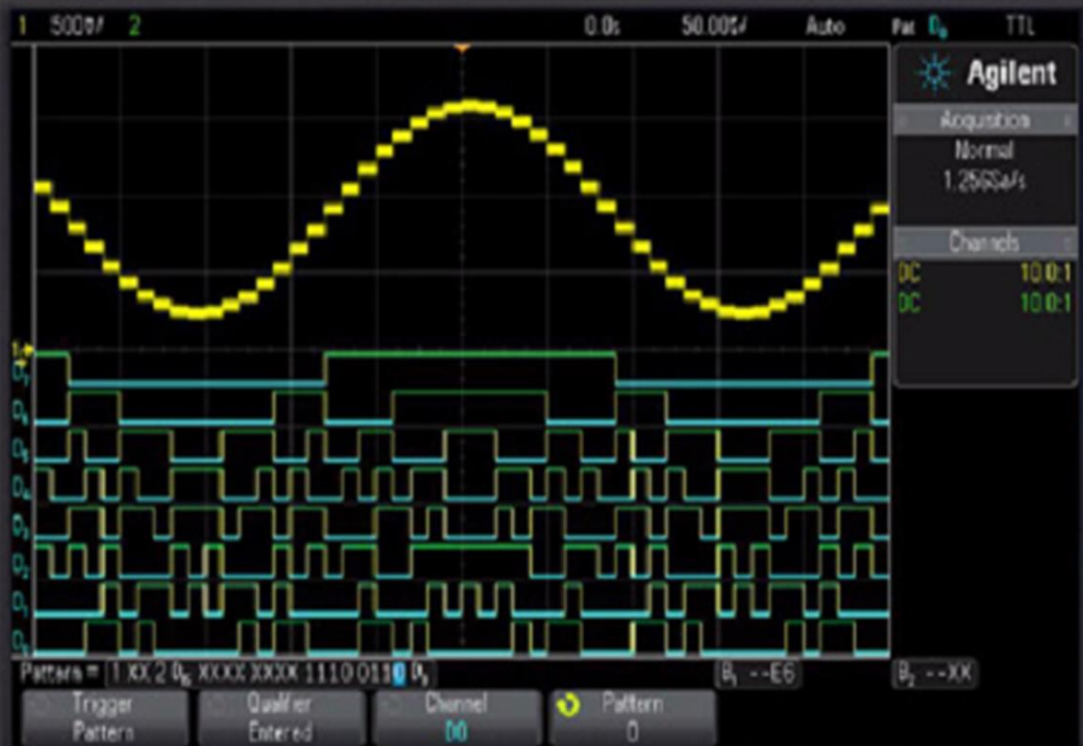


$$m = \frac{u_{m\max} - u_{m\min}}{u_{m\max} + u_{m\min}}$$



Agilent Technologies

InfiniVision

MSO-X 2024A
Mixed Signal Oscilloscope200 MHz
2 GSa/s

WAYEE SA1010B Spectrum Analyzer 9kHz-1.8GHz



F1

F2

F3

F4

F5

F6

AUTO

System

Preset

FREQ

SPAN

AMPT

BW

Trace

Detect

Sweep

Marker

Marker Fctn

Marker

Peak

Meas

Trig

Demod

Source



Save

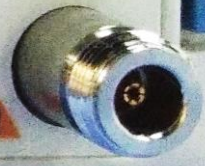
File

Print

Help



RF OUT 50Ω
+20dBm MAX
50VDC MAX



RF IN 50Ω
+30dBm MAX
50VDC MAX



下次实验：

实验三 高频正弦波振荡器
及变容二极管调频