

# 第四章 高频功率放大器

## 4.4 丙类高频功率放大电路

## 4.4 丙类高频功率放大电路

### 一、基本组成

谐振功率放大器是由输入回路、非线性器件（晶体管、场效应管）和输出谐振回路组成。

输入、输出回路在谐振功率放大器中的作用是：

提供放大器所需的正常偏置  
实现滤波选取基波分量；  
实现阻抗匹配。

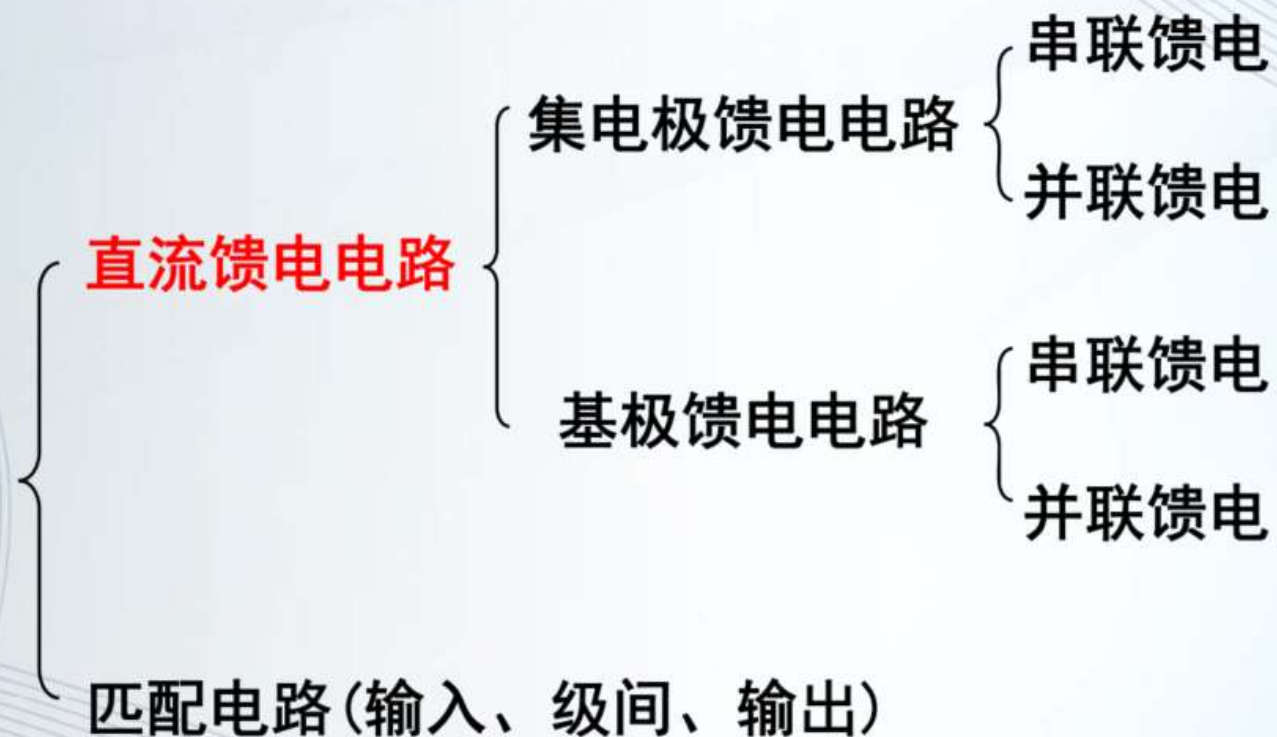
管外电路 { 直流馈电电路  
滤波匹配网络

丙类高频功率放大电路包括：

直流馈电电路和输入、输出匹配电路。

## 4.4 丙类高频功率放大电路

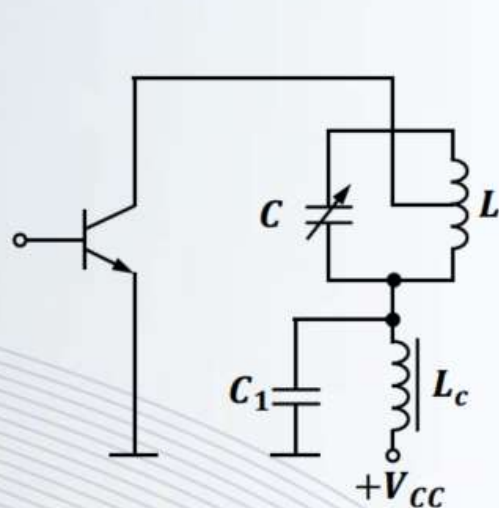
### 高频谐振功放电路—直流馈电电路



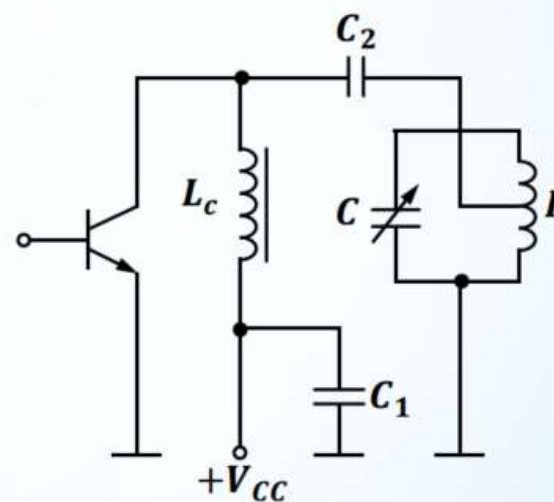
## 4.4 丙类高频功率放大电路

### 高频谐振功放电路—集电极馈电电路

➤ 集电极馈电电路分为串联馈电和并联馈电。



串馈



并馈

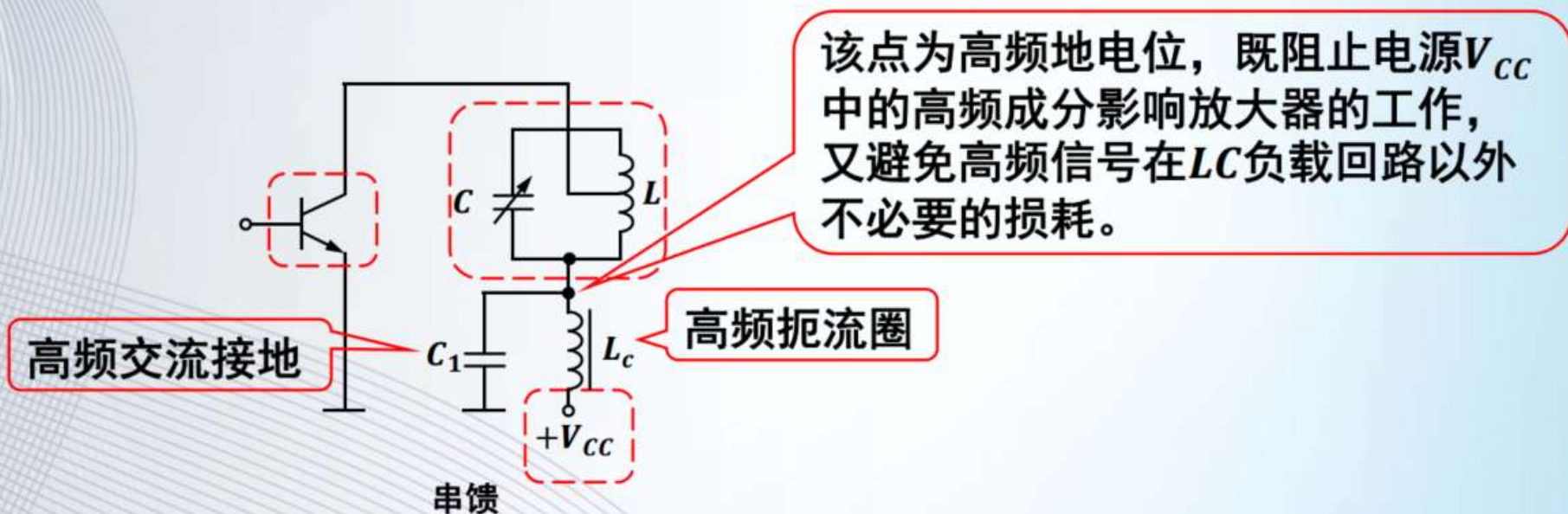


## 4.4 丙类高频功率放大电路

### 高频谐振功放电路—集电极馈电电路（串馈）

➤ 串馈电路：

指直流电源 $V_{CC}$ 、谐振回路、功放管三者首尾相接的一种直流馈电电路

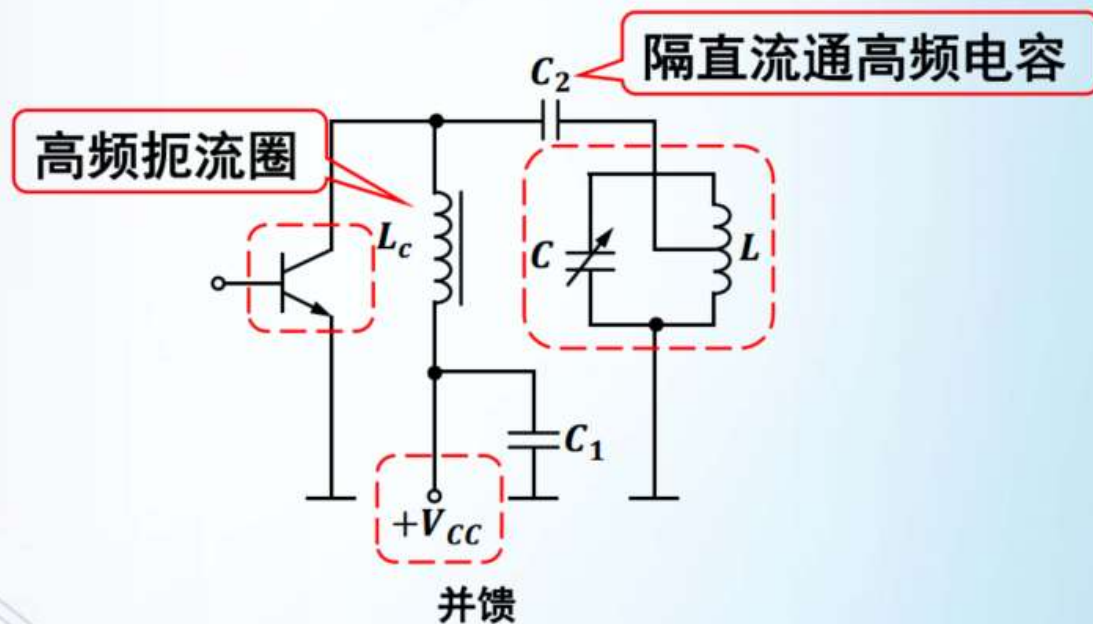


## 4.4 丙类高频功率放大电路

### 高频谐振功放电路—集电极馈电电路（并馈）

#### ➤ 并馈电路

指直流电源 $V_{CC}$ 、谐振回路、功放管三者并联连接的一种直流馈电电路

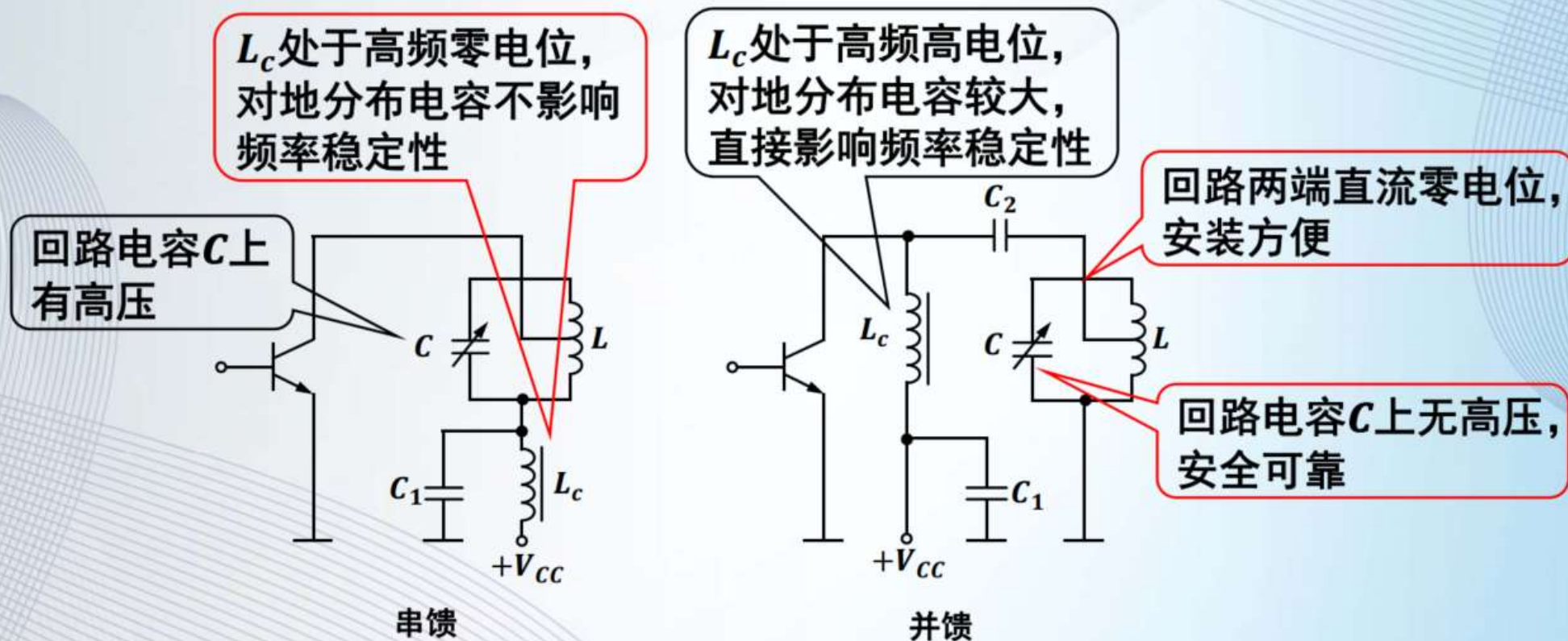




## 4.4 丙类高频功率放大电路

### 高频谐振功放电路—集电极馈电电路（优缺点）

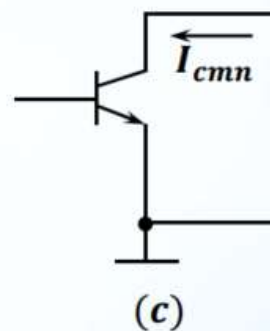
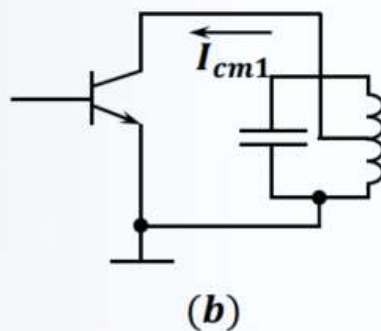
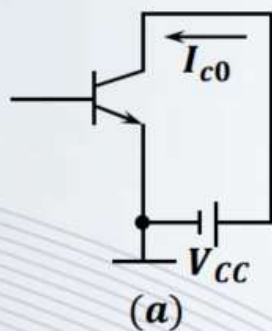
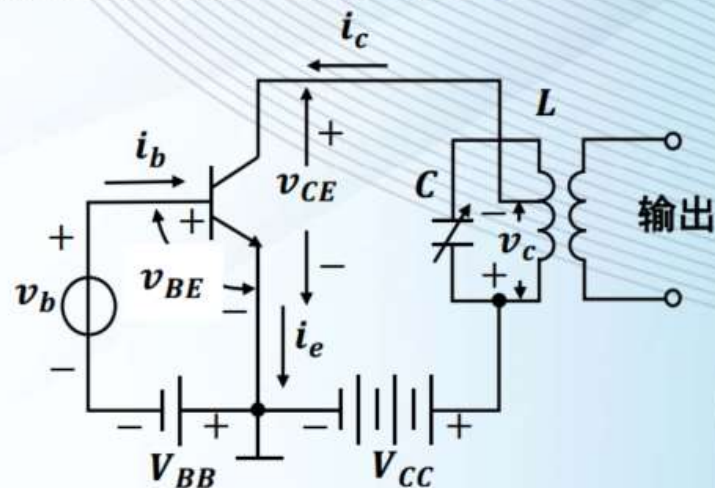
➤ 串馈电路的优缺点正好与并馈电路相反



## 4.4 丙类高频功率放大电路

### 高频谐振功放电路—集电极电路对不同频率分量的等效

- 直流分量通路如图 (a)
- 基波分量的交流通路如图 (b)
- 谐波分量的交流通路如图 (c)



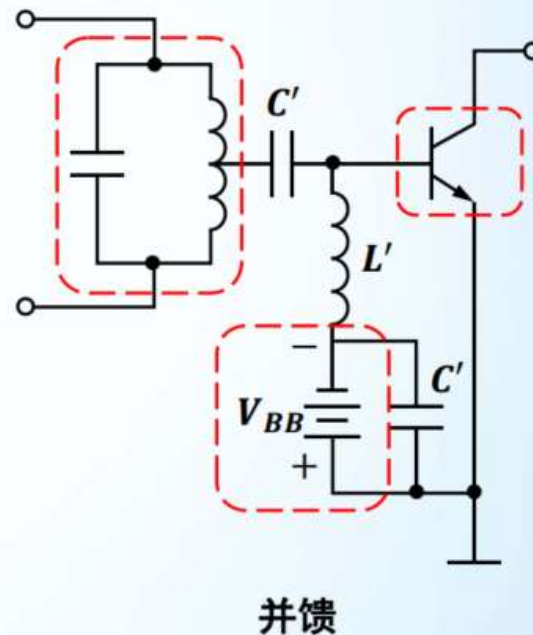
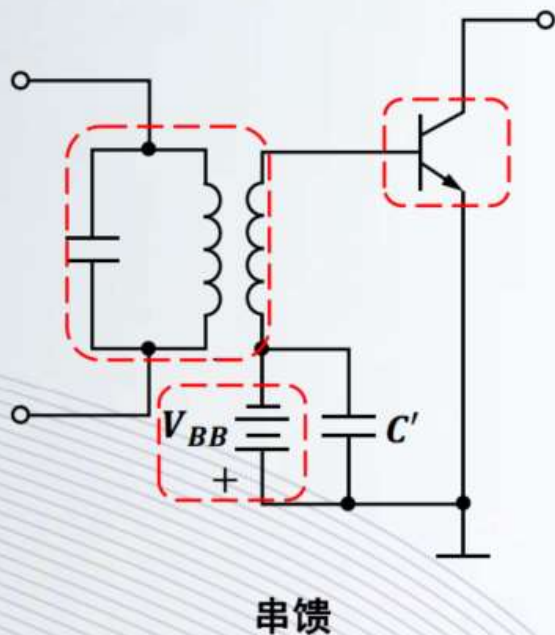
集电极电路对各频率成分分量的等效电路



## 4.4 丙类高频功率放大电路

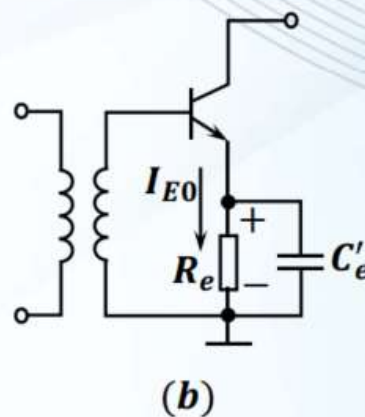
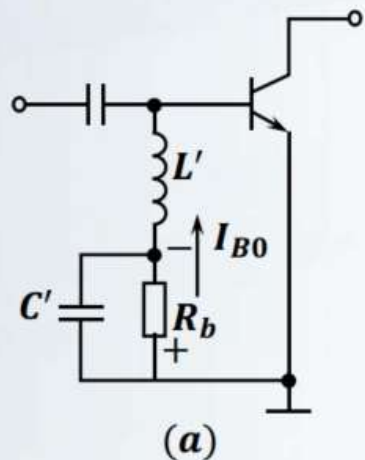
### 高频谐振功放电路—基极馈电电路

- 串馈电路：指直流电源 $V_{BB}$ 、信号源、功放管三者首尾相接的一种直流馈电电路
- 并馈电路：指直流电源 $V_{BB}$ 、信号源、功放管三者并联的一种直流馈电电路



## 4.4 丙类高频功率放大电路

### 高频谐振功放电路—基极馈电电路（自反偏压）



- 利用基极电流分量 $I_{B0}$ 在基极偏置电阻 $R_b$ 上产生所需要的反偏电压 $V_{BB}$ ，如图(a)
- 利用发射极电流的直流分量 $I_{E0}$ 在发射极偏置电阻 $R_e$ 上产生所需要的反偏电压 $V_{BB}$ ，如图(b)
  - 自反偏+负反馈，自动维持放大器的工作稳定

## 4.4 丙类高频功率放大电路

### 三、匹配网络

#### 1、匹配网络分类：

输入回路：信号源与丙类功率放大器之间  
输出回路：输出级与天线负载之间  
级间耦合回路：丙类功率放大器的推动级与输出级之间

2、匹配网络的组成：这三种匹配网络都可以采用由 **L** 和 **C** 组成的 **L** 型、**π**型或**T**型这样的双端口网络来实现。

#### 3、匹配网络作用：

选频滤波  
阻抗匹配。

◆ 教材上有关三种匹配网络的计算公式在设计放大电路时可以参考应用。但是在实际应用中尚需认真调整。



# 4.4丙类高频功率放大电路

## 二、直流馈电电路

直流电源加到各电极上去的线路叫馈电电路.有:

集电极馈电电路  
基极馈电电路

### 1、集电极馈电电路

#### 馈电原则:

- ①直流要有直流通路, 交流要有交流通路, 且高频信号不能通过 直流电源。
- ②基波分量要有效地流过负载回路
- ③谐波对于负载回路是短路

馈电电路根据连接方式的不同可分为串馈和并馈

集电极直流馈电 { 串联馈电: 晶体管、  $V_{CC}$ 、LC回路串联  
并联馈电: 晶体管、  $V_{CC}$ 、LC回路并联

## 3.4 丙类高频功率放大电路

① 晶体管、负载回路和直流电源组成串联联接形式 称为**串联馈电**

馈电元件

$L'$  : 高频扼流圈  $\left\{ \begin{array}{l} \text{对直流短路} \\ \text{对交流开路} \end{array} \right.$

作用: 阻挡高频信号流过直流电源

$C'$  : 高频旁路电容  $\left\{ \begin{array}{l} \text{对直流开路} \\ \text{对交流短路} \end{array} \right.$

作用: 提供交流通路, 阻挡高频信号  
流过直流源

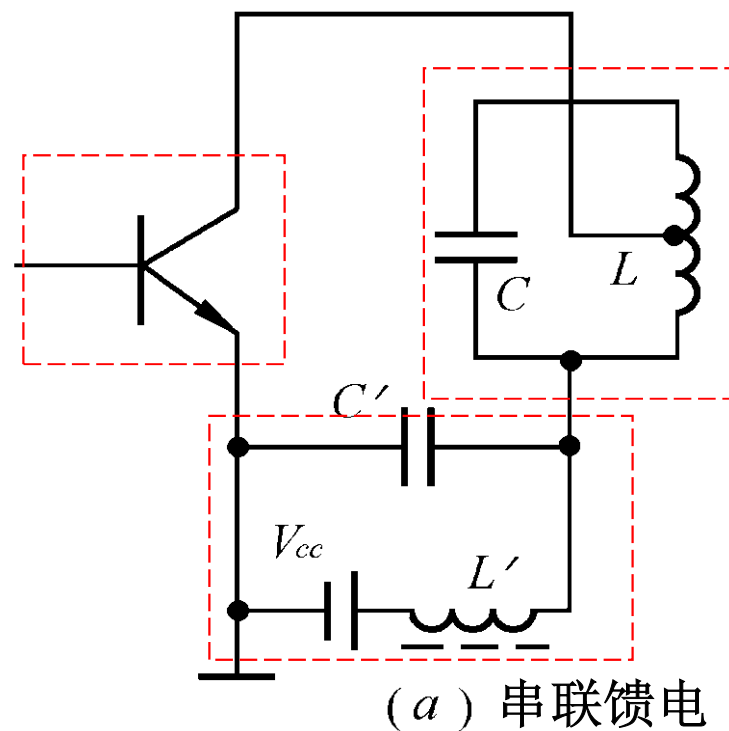


图3-17

**优点:** 馈电元件  $L'$ 、 $C'$  和  $V_{CC}$  均处于高频地电位, 他们的分布电容和分布电感就不会影响回路。

**缺点:** 回路处于直流的高电位, 回路的电容动片不能接地, 调试不方便。

因此, 串联馈电一般适合用于工作频率较高的电路。

### 3.4 丙类高频功率放大电路

② 晶体管、负载回路和直流电源组成并联联接形式称为**并联馈电**。

馈电元件  $L'$  : 高频扼流圈

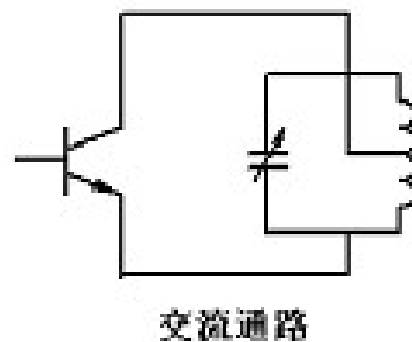
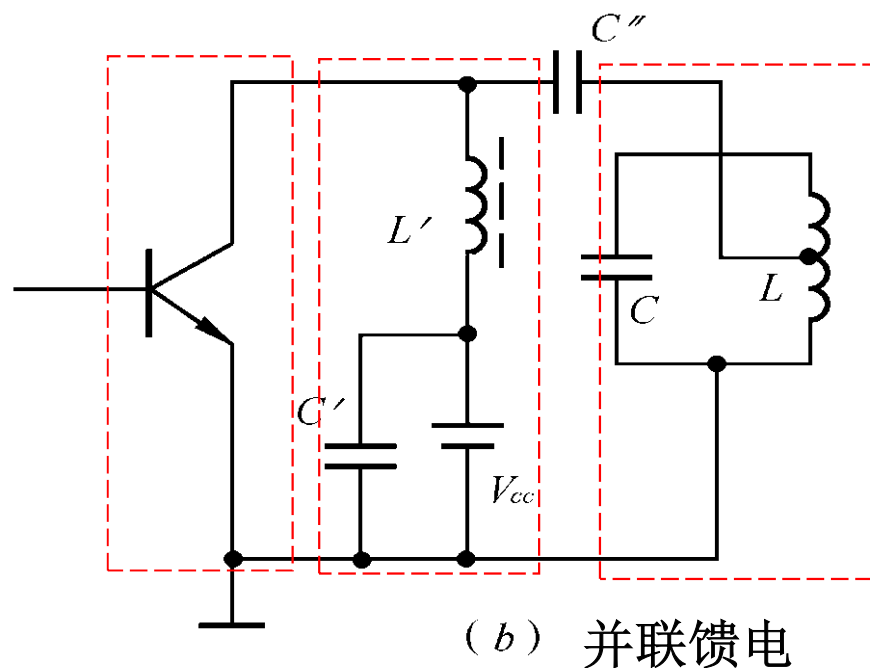
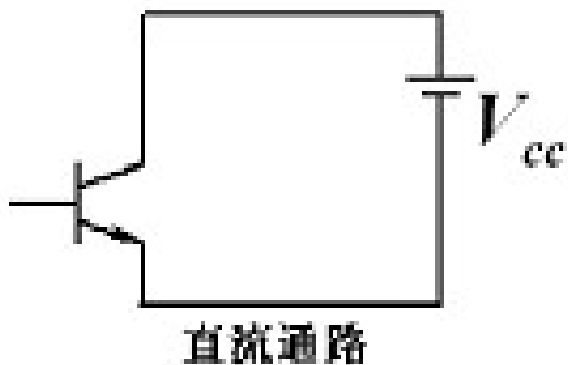
$C'$  : 电源滤波电容

$C''$  : 隔直电容

**并馈的优点:** 回路处于直流低电位, 克服了串馈的缺点。

**并馈的缺点:**  $L'$  处于高频高电位, 它对地的分布电容很大, 影响回路谐振频率。

直流通路和交流通路如下图:



因此, 并联馈电一般适合用于工作频率较低的电路。



# 3.4丙类高频功率放大电路

## 2、基极馈电电路

①、基极馈电电路：串联馈电和并联馈电两种形式；基极的反向偏压供给方式外加偏置和自给偏压。

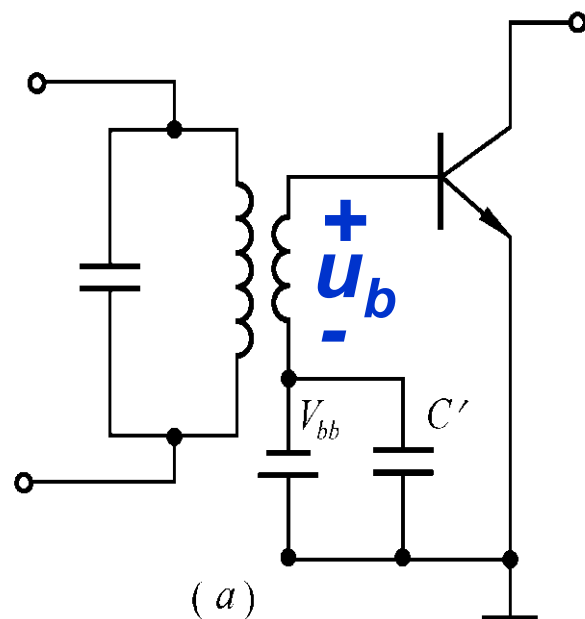
$L'$ ：高频扼流圈

{ 直流短路  
交流开路

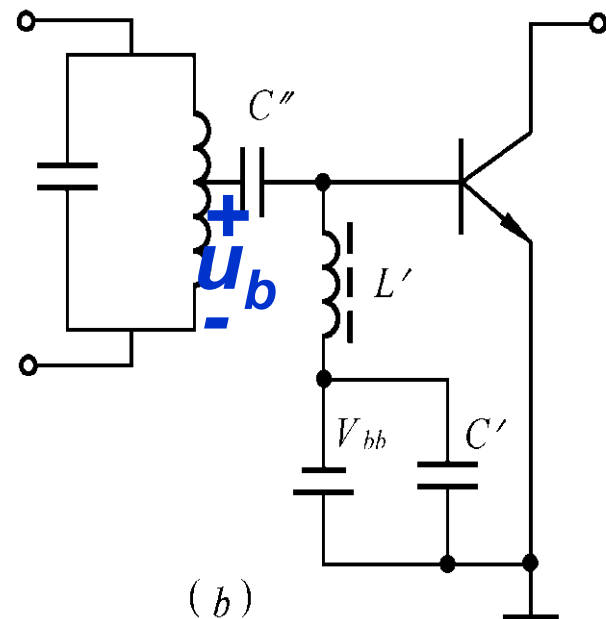
$C'$ ：旁路电容

$C''$ ：隔直电容

{ 直流开路  
交流短路



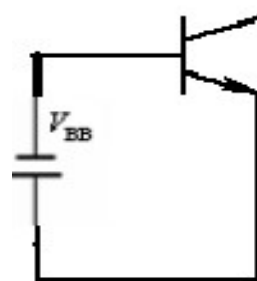
外加偏置的串联馈电形式



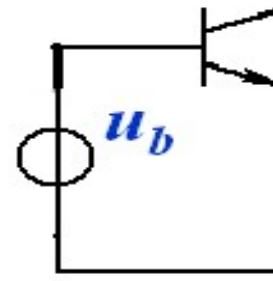
外加偏置的并联馈电形式。

图3-18的直流通路和交流通路如下图：

组成原则： $V_{BB}$ 和 $u_b$ 均直接加在晶体管上，提高效率。



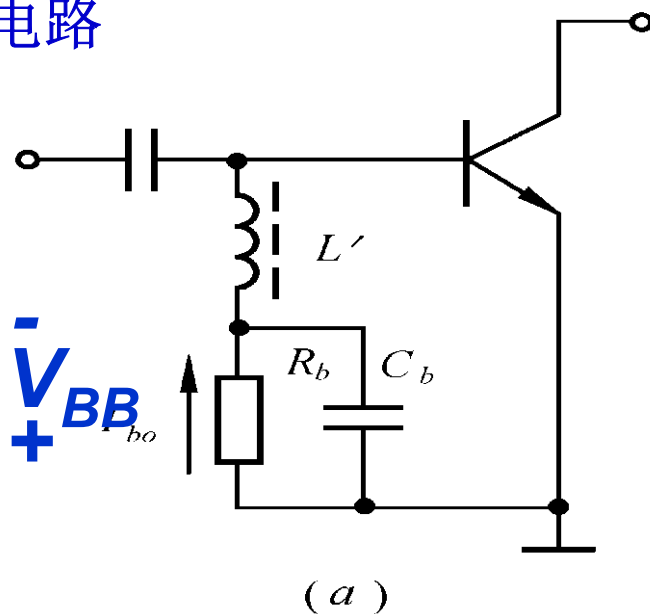
直流通路



交流通路

## 3.4 丙类高频功率放大电路

### ②、自给偏置电路



利用输入信号电压产生的基极电流的直流分量  $I_{bo}$  在基极电阻  $R_b$  上的压降产生自给负偏压。

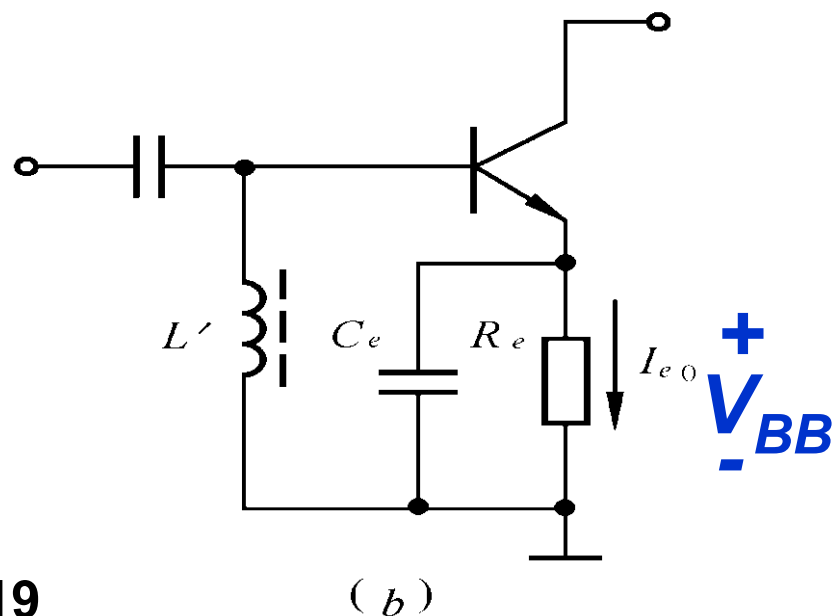


图3-19

利用发射极电流的直流分量  $I_{e0}$  在  $R_e$  上的压降产生自给负偏压。

总结：自给偏压能随激励信号的大小而变化，即自动维持放大器工作的稳定性

## 4.4 丙类高频功率放大电路

### 三、匹配网络

#### 1、匹配网络分类：

输入回路：信号源与丙类功率放大器之间  
输出回路：输出级与天线负载之间  
级间耦合回路：丙类功率放大器的推动级与输出级之间

2、匹配网络的组成：这三种匹配网络都可以采用由 **L** 和 **C** 组成的 **L** 型、**π**型或 **T**型这样的双端口网络来实现。

#### 3、匹配网络作用：

选频滤波  
阻抗匹配。

◆ 教材上有关三种匹配网络的计算公式在设计放大电路时可以参考应用。但是在实际应用中尚需认真调整。



# 第四章 小结

1.高频功率放大器的功能、特点、分类、主要技术指标、任务及应用与其它类型放大器的异同点。高频功率放大器的主要质量指标：输出功率、效率。

2.丙类高频功放的电路结构、特点及工作原理。输出功率、效率的计算

主要计算指标

1. 输出功率**P<sub>O</sub>**

2. 效率 **$\eta_C$**  :  $\eta_C = P_O / P_D$

3.功率增益**G<sub>P</sub>**

课件所有例题

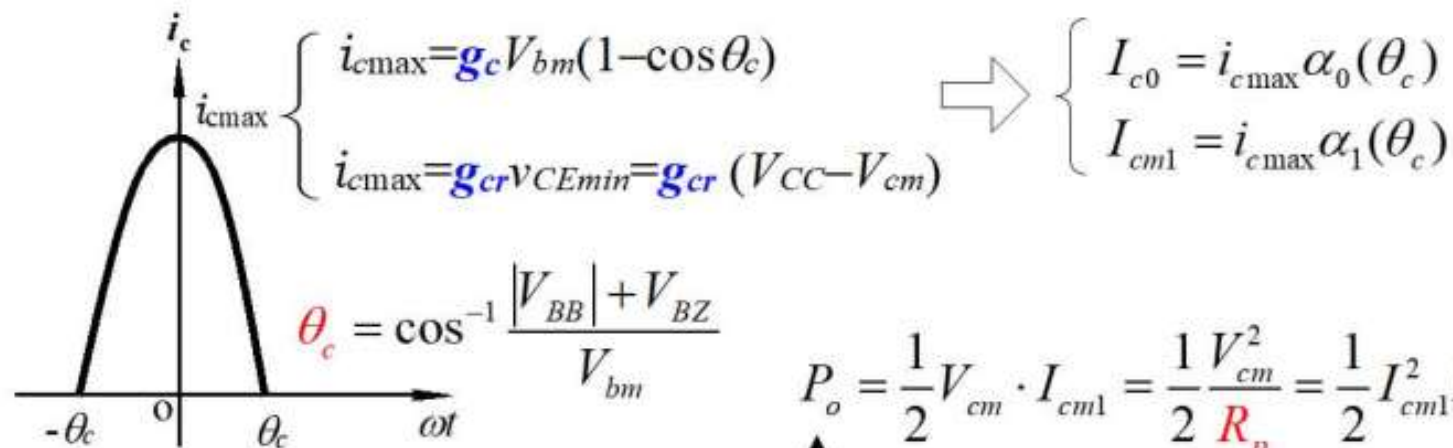
3.高频功率放大器的工作状态、动态特性与负载特性的分析及技术指标的计算，动态特性曲线的画法。

# 第四章 复习题

- 1.什么是晶体管的转移特性曲线和输出特性曲线?
- 2.什么是折线分析法?
- 3.什么叫半流通角, 指出晶体管在A类, AB类, B类, C类工作状态下半流通角的值或范围
- 4.如何提高放大器的效率?
- 5.什么是集电极电压利用系数, 什么是波形系数, 它们与集电极效率的关系怎样?
- 6.什么是高频功率放大器动态特性?
- 7.什么是高频功率放大器的过压, 欠压和临界状态? 在何种状态下, 集电极电流在输入信号的一个周期内会出现两个峰值? 试比较三种状态下的输出功率和集电极效率。在何种状态下高频功率放大器相当于恒流源, 哪种状态下相当于恒压源 (利用输出特性曲线和动态特征曲线说明)?
- 8.在临界状态下增大和减小 $R_p$ , 高频功放分别变化到哪个状态? 在哪个区对输出功率的影响大 (过压区, 欠压区)? 当谐振功率放大器作为线性功率放大器, 为了使输出信号振幅反映输入信号振幅的变化, 放大器必须工作在哪个状态? 利用输出特性曲线和动态特征曲线说明

- 9.在临界状态下增大和减小 $V_{CC}$ ，高频功放分别变化到哪个状态？在哪个区对输出功率的影响大（过压区，欠压区）？利用输出特性曲线和动态特征曲线说明。
- 10. 在临界状态下增大和减小 $V_{bm}$ ，高频功放分别变化到哪个状态？在哪个区对输出功率的影响大（过压区，欠压区）？利用输出特性曲线和动态特征曲线说明。
- 11.晶体管高频丙类谐振功率放大器，当输入信号是余弦波时，则集电极电流波形是什么形状？晶体管高频丙类谐振功率放大器的负载回路有什么作用？
- 12.一个谐振功率放大器，若要求输出电压平稳，则应工作在什么工作状态？若要求输出功率最大，则应工作在什么状态？
- 13.晶体管高频丙类谐振功率放大器的负载回路对集电极电流的直流、基波和谐波分量分别相当于开路还是短路？为什么？



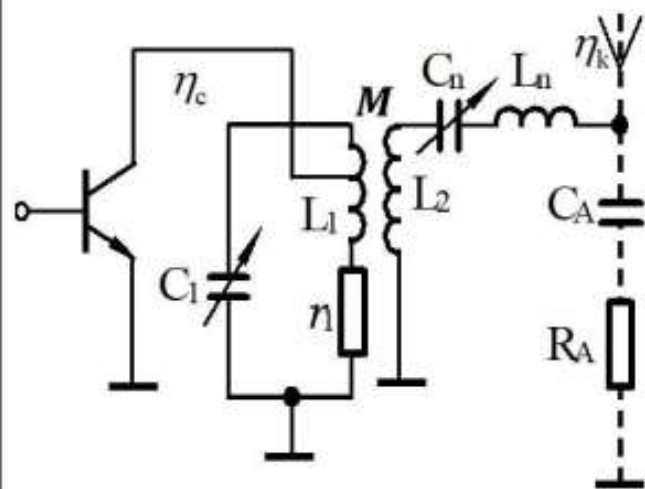
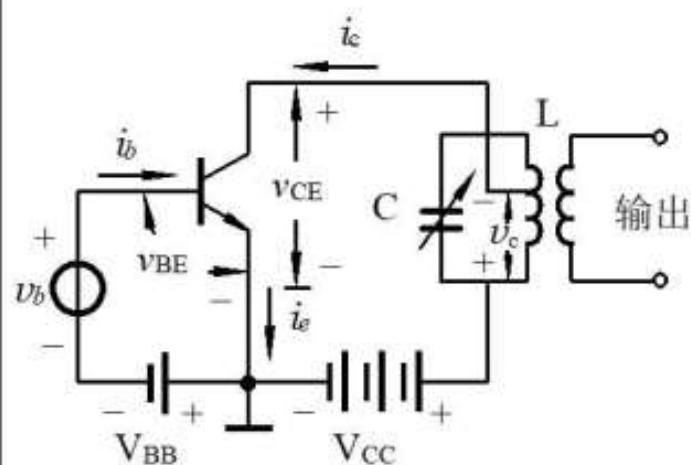


$$P_o = \frac{1}{2} V_{cm} \cdot I_{cm1} = \frac{1}{2} \frac{V_{cm}^2}{R_p} = \frac{1}{2} I_{cm1}^2 R_p$$

$$\eta_c = \frac{P_o}{P_{\Sigma}} = \frac{\frac{1}{2} V_{cm} \cdot I_{cm1}}{V_{CC} \cdot I_{c0}} = \frac{1}{2} \xi \cdot g_1(\theta_c)$$

$$= \frac{P_o}{P_o + P_c}$$

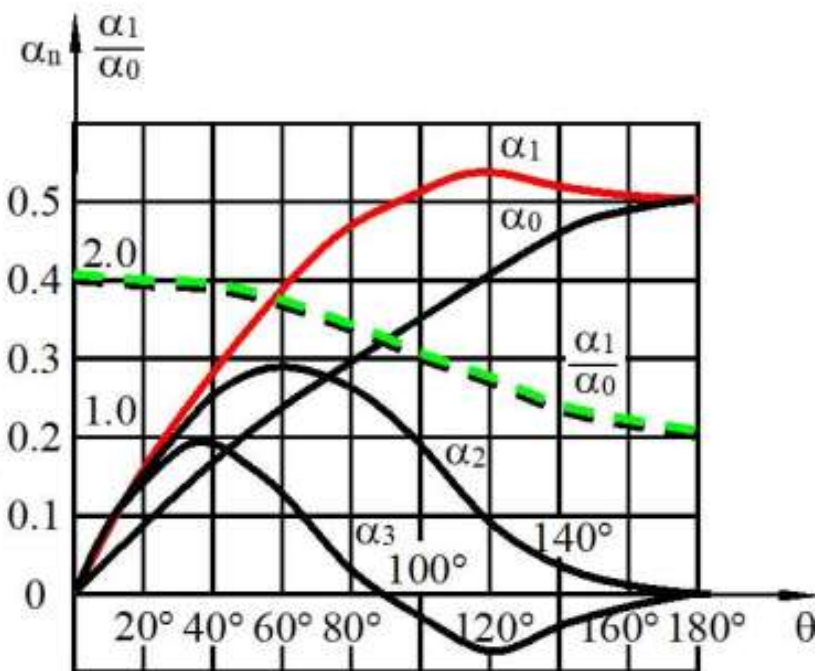
$$g_1(\theta_c) = \frac{\alpha_1(\theta_c)}{\alpha_0(\theta_c)} = \frac{\alpha_1}{\alpha_0}$$



$$\eta_k = 1 - \frac{Q_L}{Q_0}$$

$$P_A = P_o \cdot \eta_k$$

$$\eta = \frac{P_A}{P_{\Sigma}} = \frac{P_o}{P_{\Sigma}} \cdot \frac{P_A}{P_o} = \eta_c \cdot \eta_k$$



$$\text{动态曲线} \left\{ \begin{array}{l} \eta_c \quad P_o \sim R_p \text{ 欠压、过压 } \text{负载曲线} \\ \eta_c \quad P_o \sim V_{CC} \text{ 过压、欠压} \rightarrow \text{集电极调幅} \\ \eta_c \quad P_o \sim V_{BB} \\ \eta_c \quad P_o \sim V_{bm} \text{ 欠压、过压} \rightarrow \text{基极调幅} \\ \eta_c \quad P_o \sim R_p' \text{ 欠压、过压} \\ \qquad \qquad \qquad \text{M大} \quad \text{M小} \end{array} \right.$$

作业:

第二版: P144. 4-4 、 4-7、 4-8 、 4-9、  
4-13

复习题:7、 8、 9、 10、 12

