

6.002

电路与  
电子学

## 增量分析

# 复习

非线性分析

▼ 分析方法

▼ 图解方法

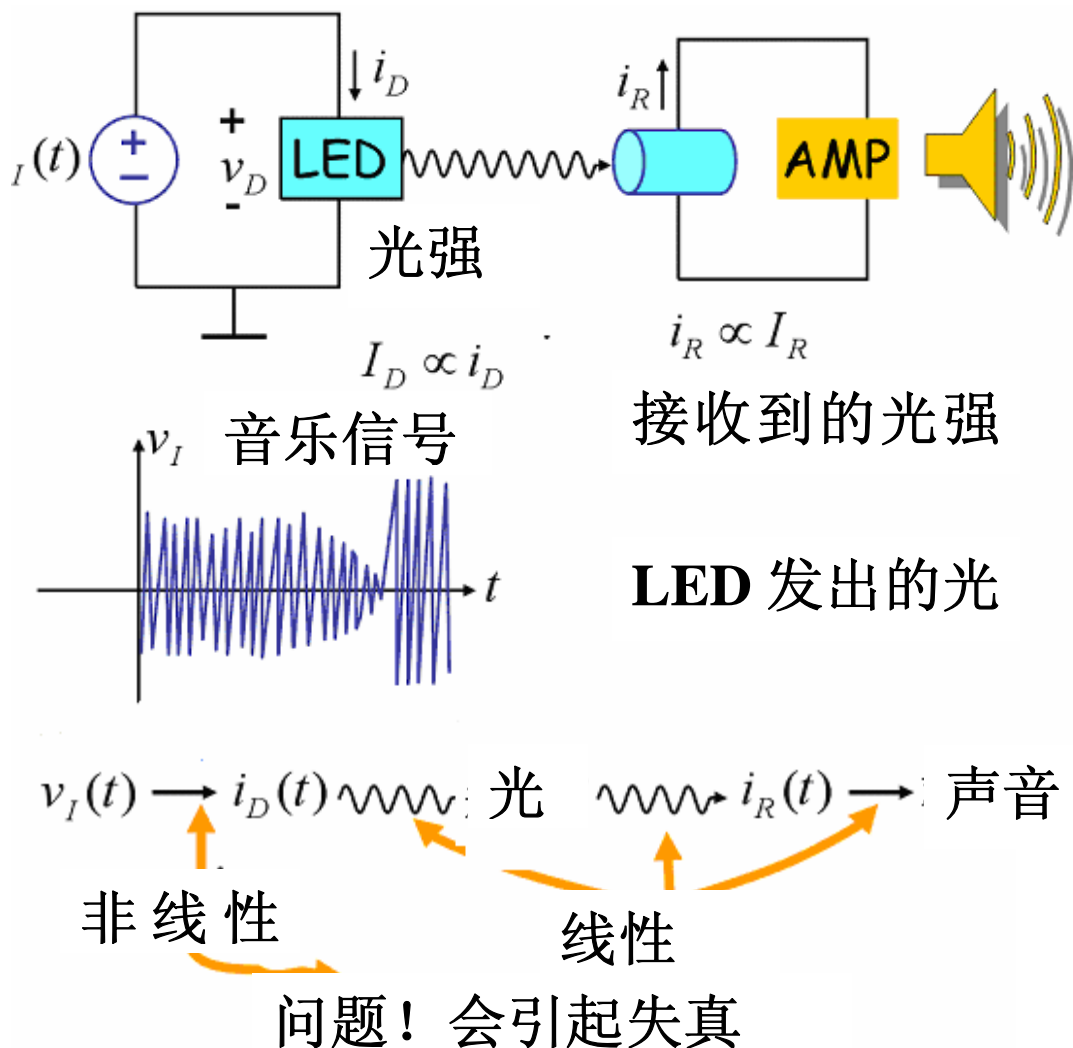
今天的内容

▼ 增量分析

阅读：第 4.5 章节

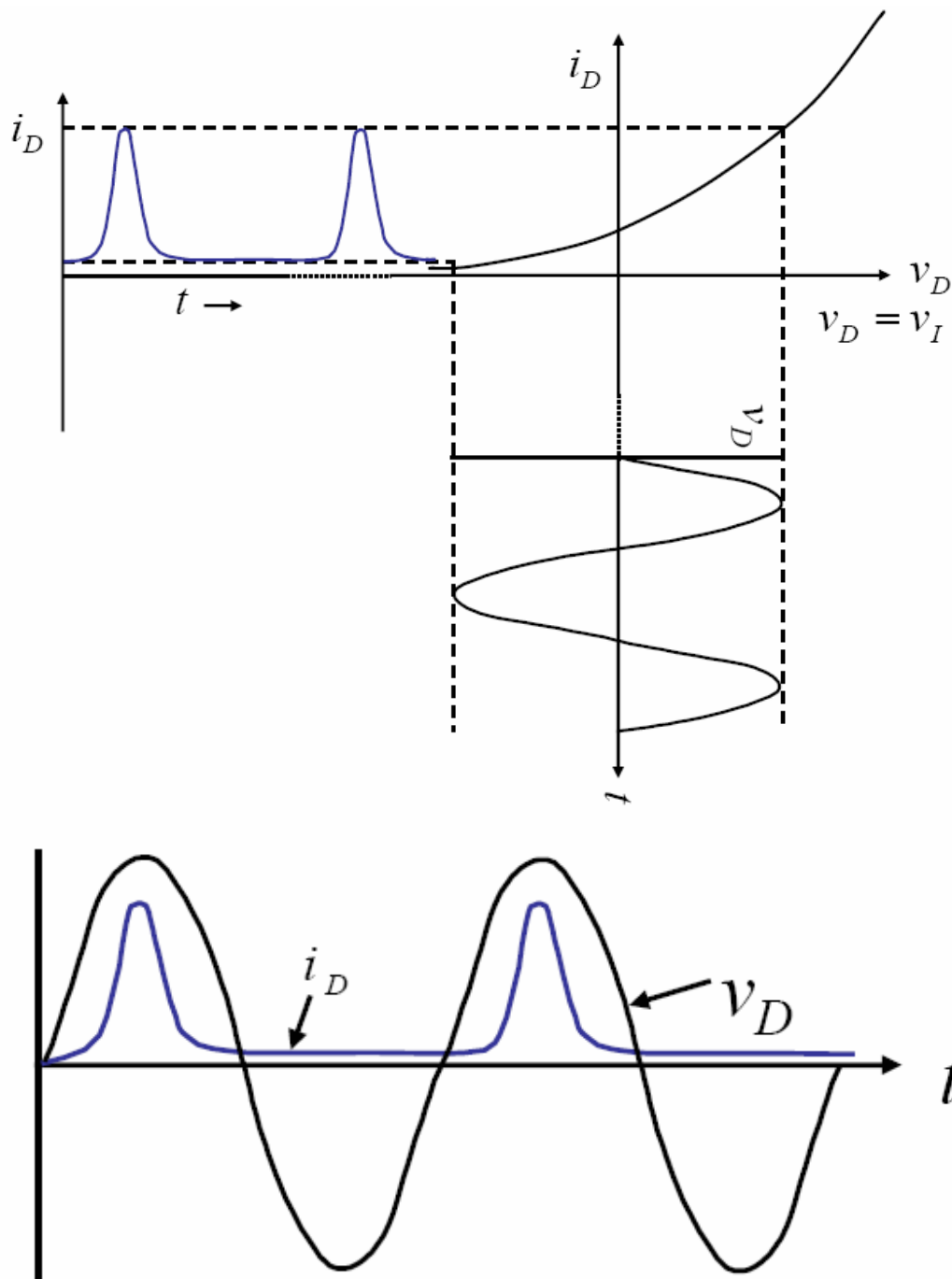
### 方法三：增量分析法

问题的引出：我们采取线偏振光束 作为测试源我们能实现么？

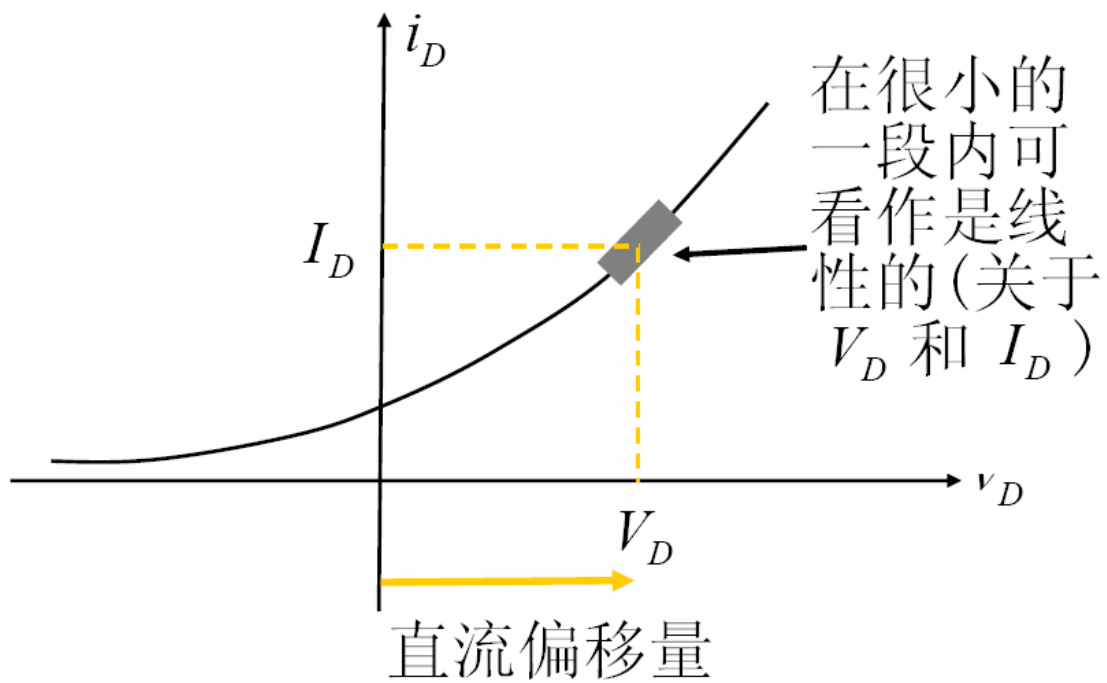


问题：

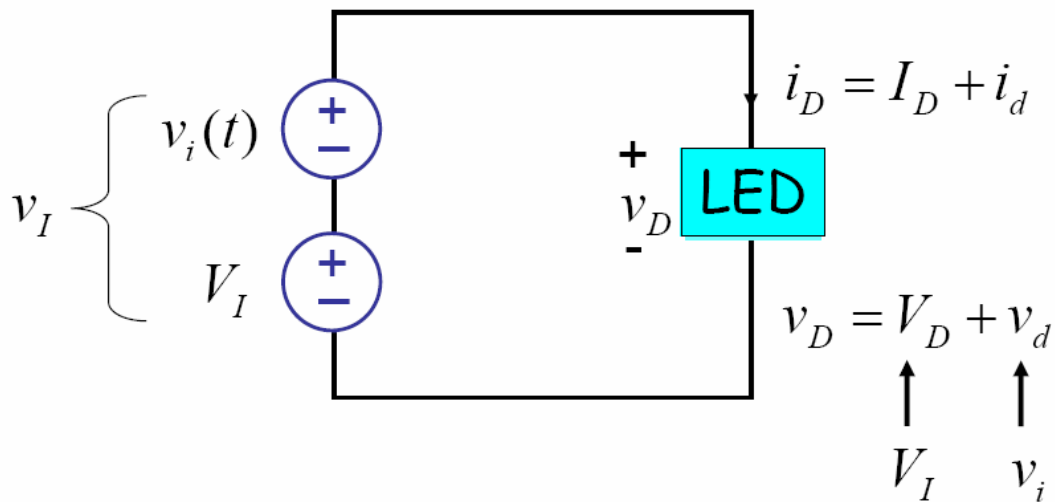
LED 是非线性的  $\longrightarrow$  失真



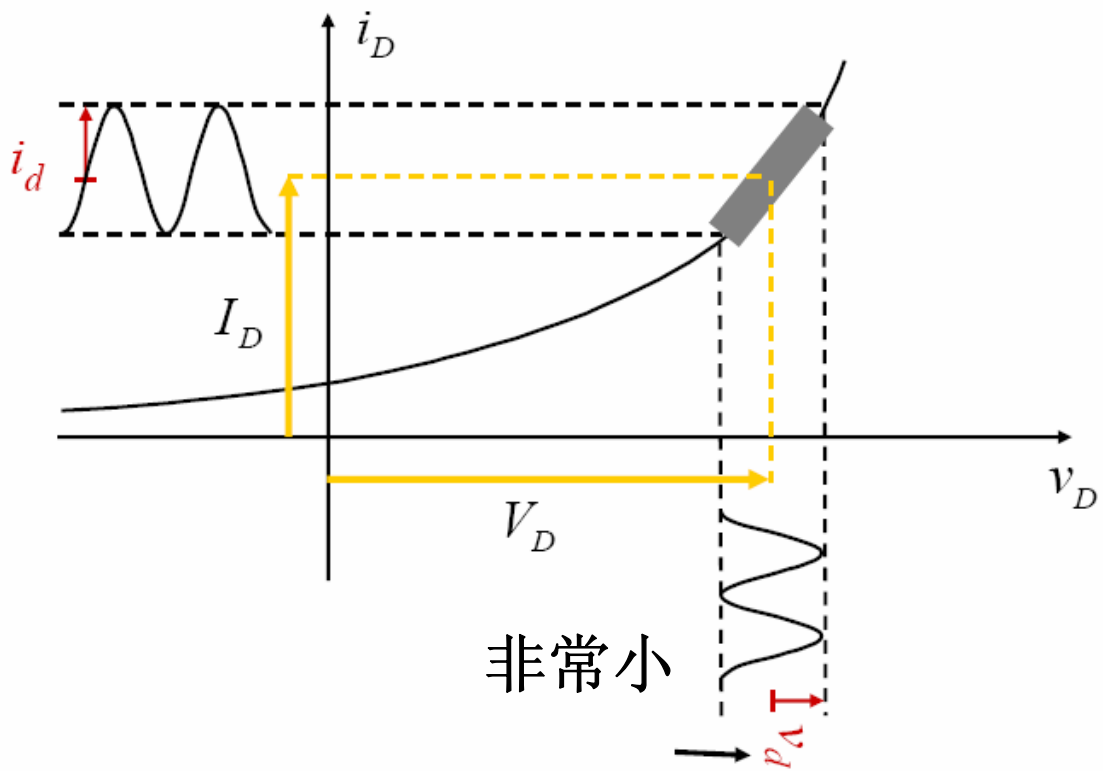
进一步分析：



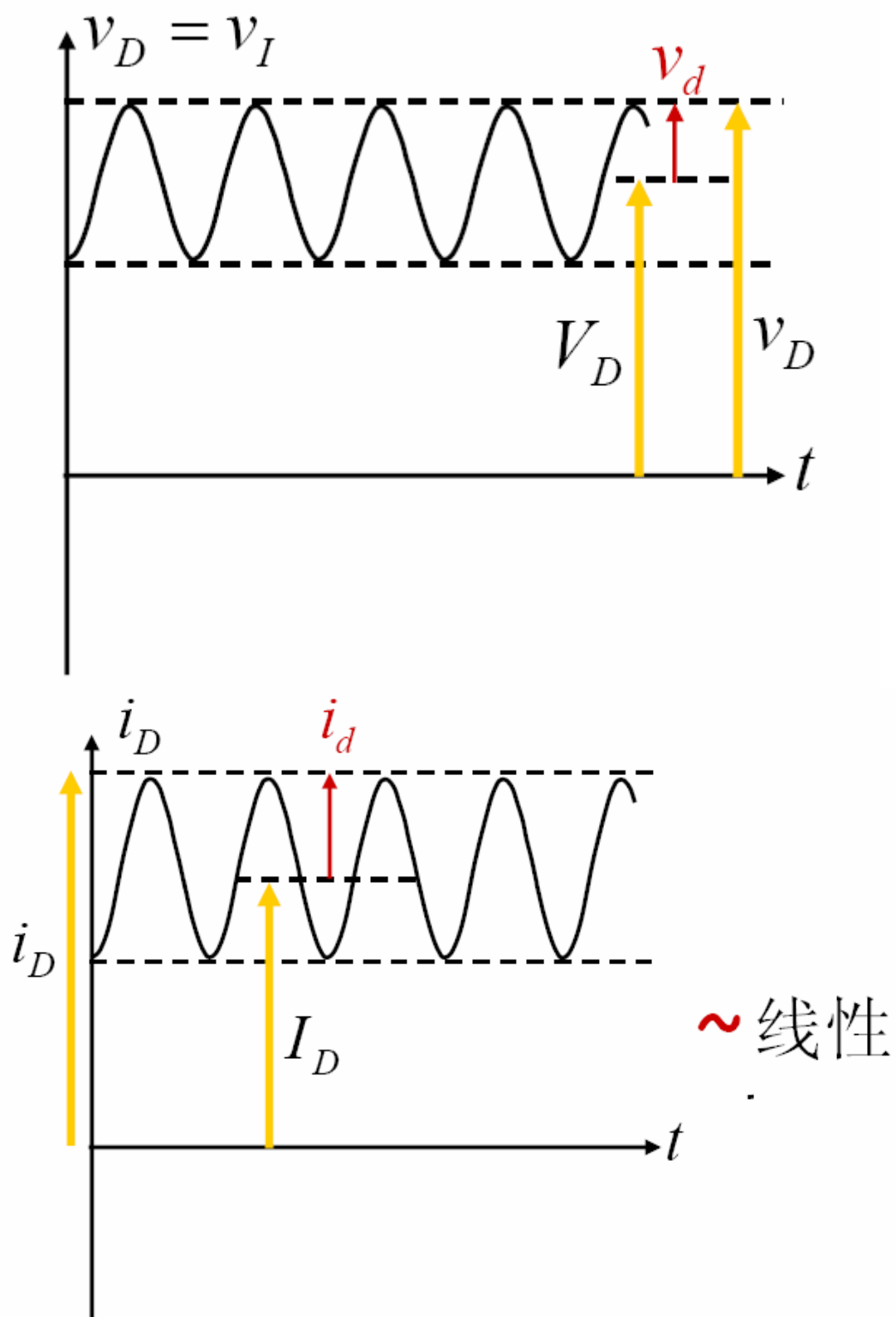
技巧：



结果:



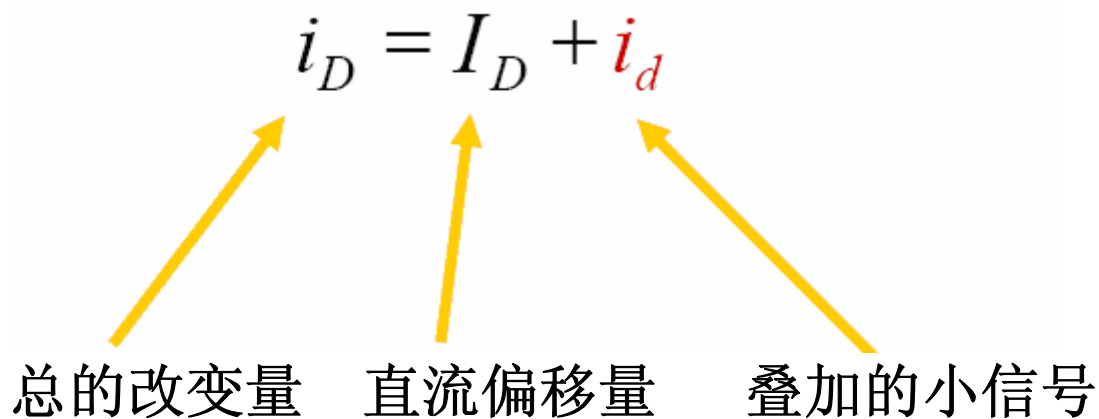
结果：



## 增量方法： (或小信号方法)

1. 取某一直流偏移量  
或偏压点  $V_D$ ,  $I_D$ 。
2. 将小信号  $v_d$  (音乐信号) 叠加  
在  $V_D$  上。
3. 响应  $i_d$  对小信号  $V_d$   
近似为线性的。

注意：

$$i_D = I_D + i_d$$


总的改变量      直流偏移量      叠加的小信号



这在数学上怎么解释呢？  
即为什么小信号响应是线性的呢？

替换

$$i_D = f(v_D)$$

$$v_D = V_D + \Delta v_D$$

非线性  
大的直流  
量  
的增量

用 Taylor 展开式将  $f(v_D)$  在  $v_D = V_D$  处展开

$$i_D = f(V_D) + \left. \frac{df(v_D)}{dv_D} \right|_{v_D=V_D} \cdot \Delta v_D$$

$$+ \frac{1}{2!} \left. \frac{d^2 f(v_D)}{dv_D^2} \right|_{v_D=V_D} \cdot \Delta v_D^2 + \dots$$

由于  $\Delta v_D$  很小，故忽略高次项

$$i_D \approx \underbrace{f(V_D)}_{\text{关于 } \Delta v_D \text{ 的常量}} + \underbrace{\left. \frac{df(v_D)}{dv_D} \right|_{v_D=V_D}}_{\text{关于 } \Delta v_D \text{ 的常量, 在 } I_D, V_D \text{ 点的斜率}} \cdot \Delta v_D$$

我们可以写出:

$$\textcircled{\times}: I_D + \Delta i_D \approx f(V_D) + \left. \frac{df(v_D)}{dv_D} \right|_{v_D=V_D} \cdot \Delta v_D$$

直流部分与随时间变化的部分相等

$$I_D = f(V_D) \rightarrow \text{工作点}$$

$$\Delta i_D = \underbrace{\left. \frac{df(v_D)}{dv_D} \right|_{v_D=V_D}}_{\text{关于 } \Delta v_D \text{ 的常量}} \cdot \Delta v_D$$

关于  $\Delta v_D$  的常量

因此,  $\Delta i_D \propto \Delta v_D$       || 注意

$$\Delta i_D = i_d$$

$$\Delta v_D = v_d$$

在我们的例子中

$$i_D = a e^{b v_D}$$

由⊗:  $I_D + i_d \approx a e^{b V_D} + a e^{b V_D} \cdot b \cdot v_d$

直流流量与增量项相等

$I_D = a e^{b V_D}$   $\rightarrow$  工作点  
[亦称作偏置  
或直流偏置]

$$i_d = a e^{b V_D} b \cdot v_d$$

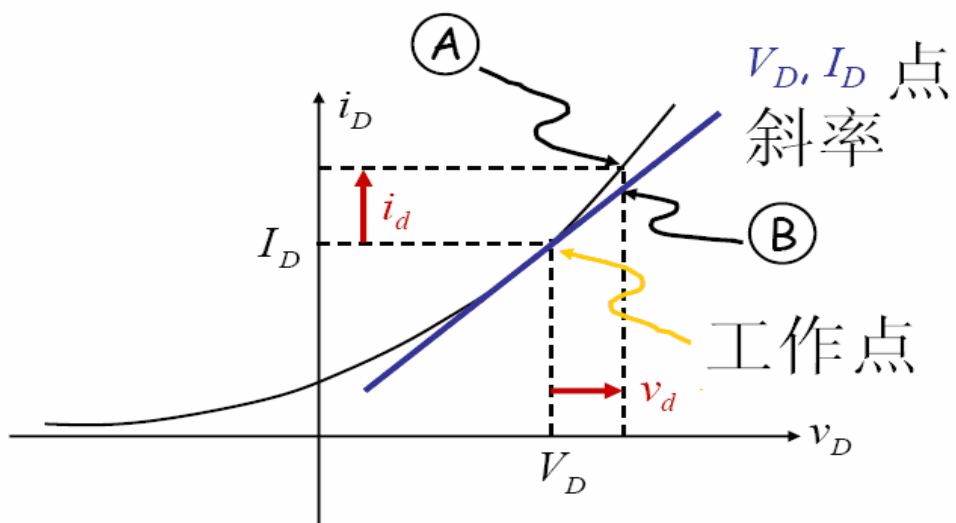
$$i_d = \underbrace{I_D \cdot b \cdot v_d}_{\text{常量}} \rightarrow \text{小信号行为}$$

常量  $\rightarrow$  线性

## 图形法

$$I_D = a e^{bV_D} \quad \rightarrow \text{工作点}$$

$$i_d = I_D \cdot b \cdot v_d$$



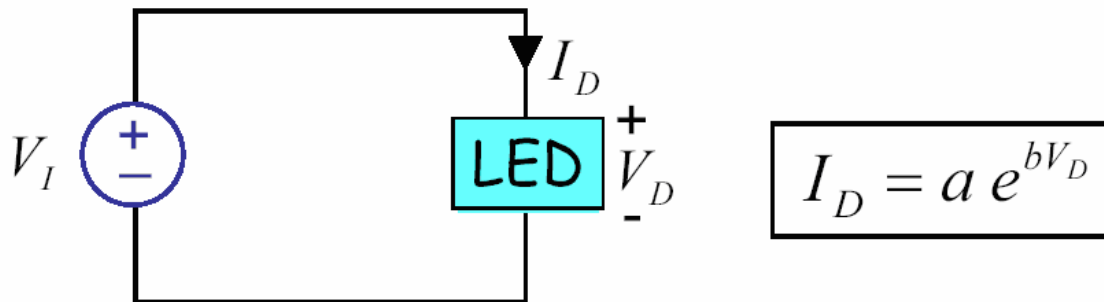
我们将 A 点和 B 点近似看作一点

图解法

我们可以看到小信号：数学法

现在，电路

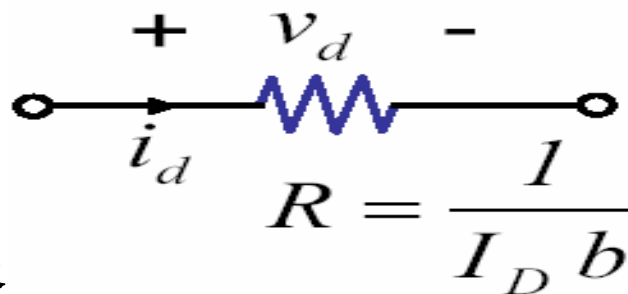
大信号电路



小信号响应

$$i_d = I_D b v_d$$

表现为



小信号电路

