

功率放大器 (PA) 介绍

大体流程大纲

1. 基本电路结构与电路原理
2. 主要技术指标
3. 匹配设计
4. 直流偏置电路
5. 线性功放设计

基本电路原理

PA功放分类

按材料分：Si/SiGe---CMOS LBT(Axiom)
GaAs/GaN/InP----- MESFET
(RFMD/Skyworks/Triquint/Analogics)

按晶体管类型分：双极结型晶体管（BJT）异质结双极型晶体管（HBT）高电子迁移率晶体管（Phemt）

T&W

基本电路原理

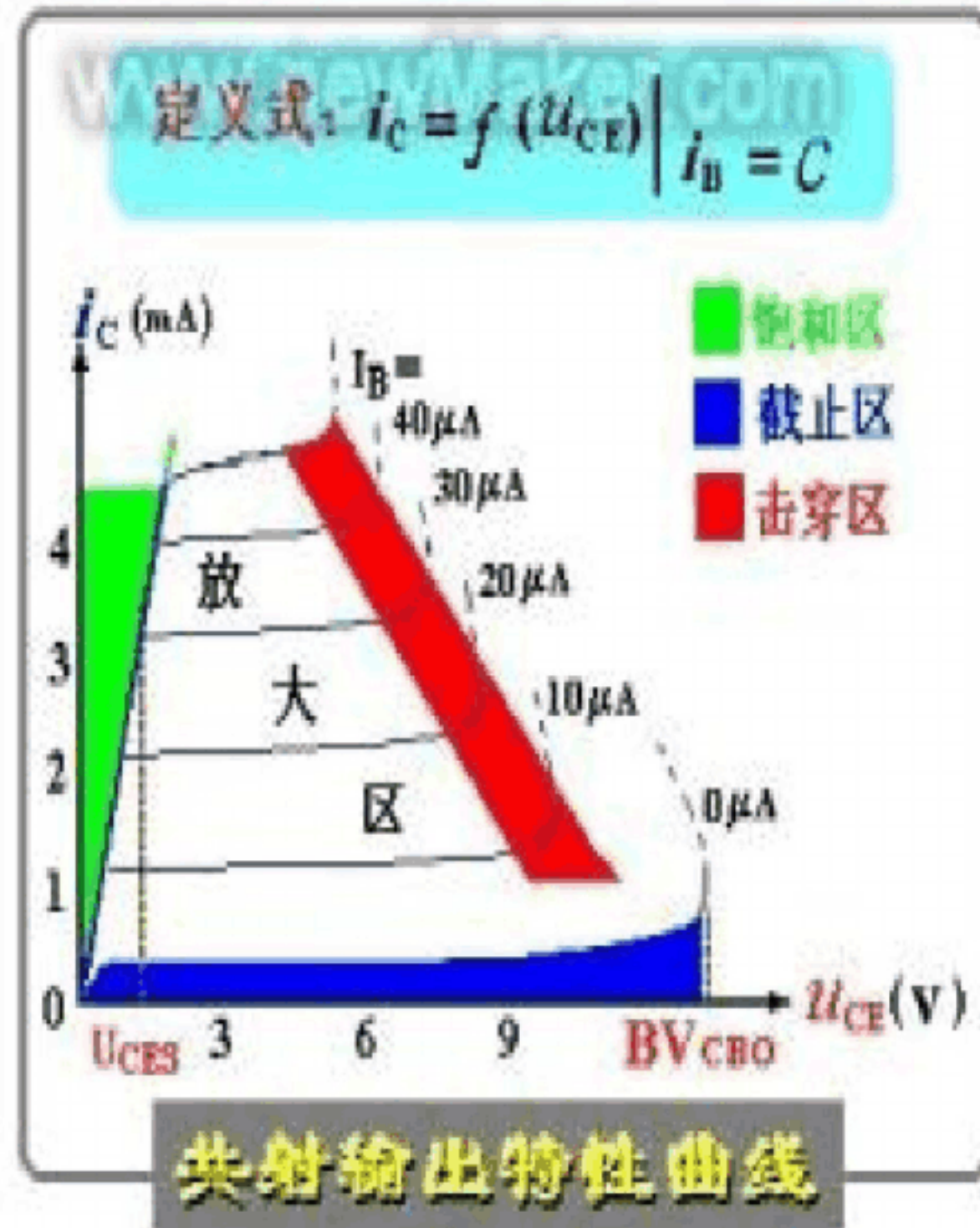
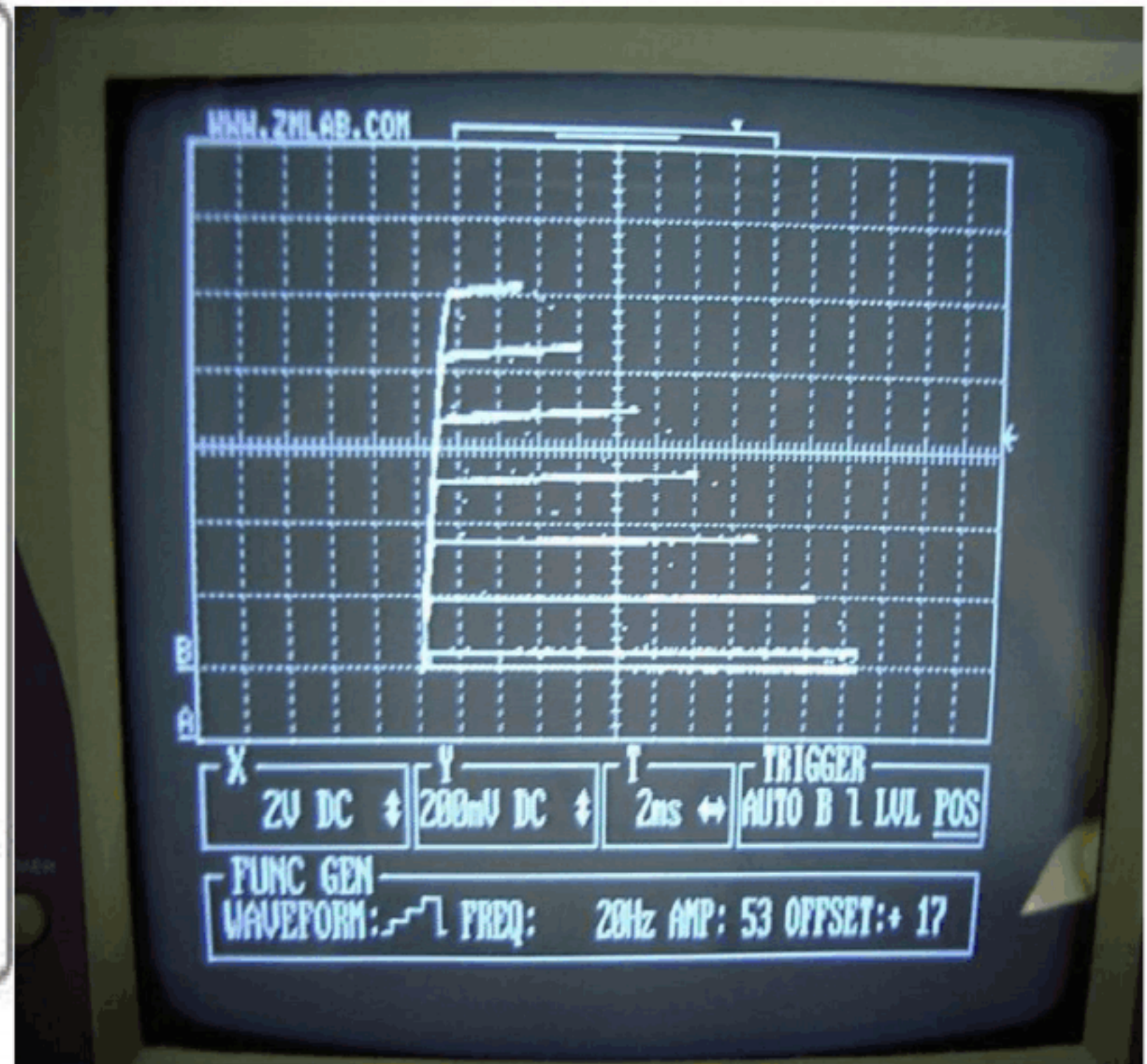


图 Z0120 输出特性曲线



上海市共进通信技术有限公司

T&W

主要技术指标——工作频带

工作频带是指放大器应满足全部性能指标的连续频率范围。

硅双极型晶体管功率放大器和硅金属氧化物场效应管功率放大器的工作频率是从 300MHz 到 4GHz.

砷化镓场效应管功率放大器的工作频率是从 1GHz 到几十 G

Hz, 通常分为 S、L、C、X、Ku、Ka 波段等等。

主要技术指标—输出功率

最好的功率匹配并不能得到最好的增益匹配。

通常高功率器件的增益低于低功率器件的增益。

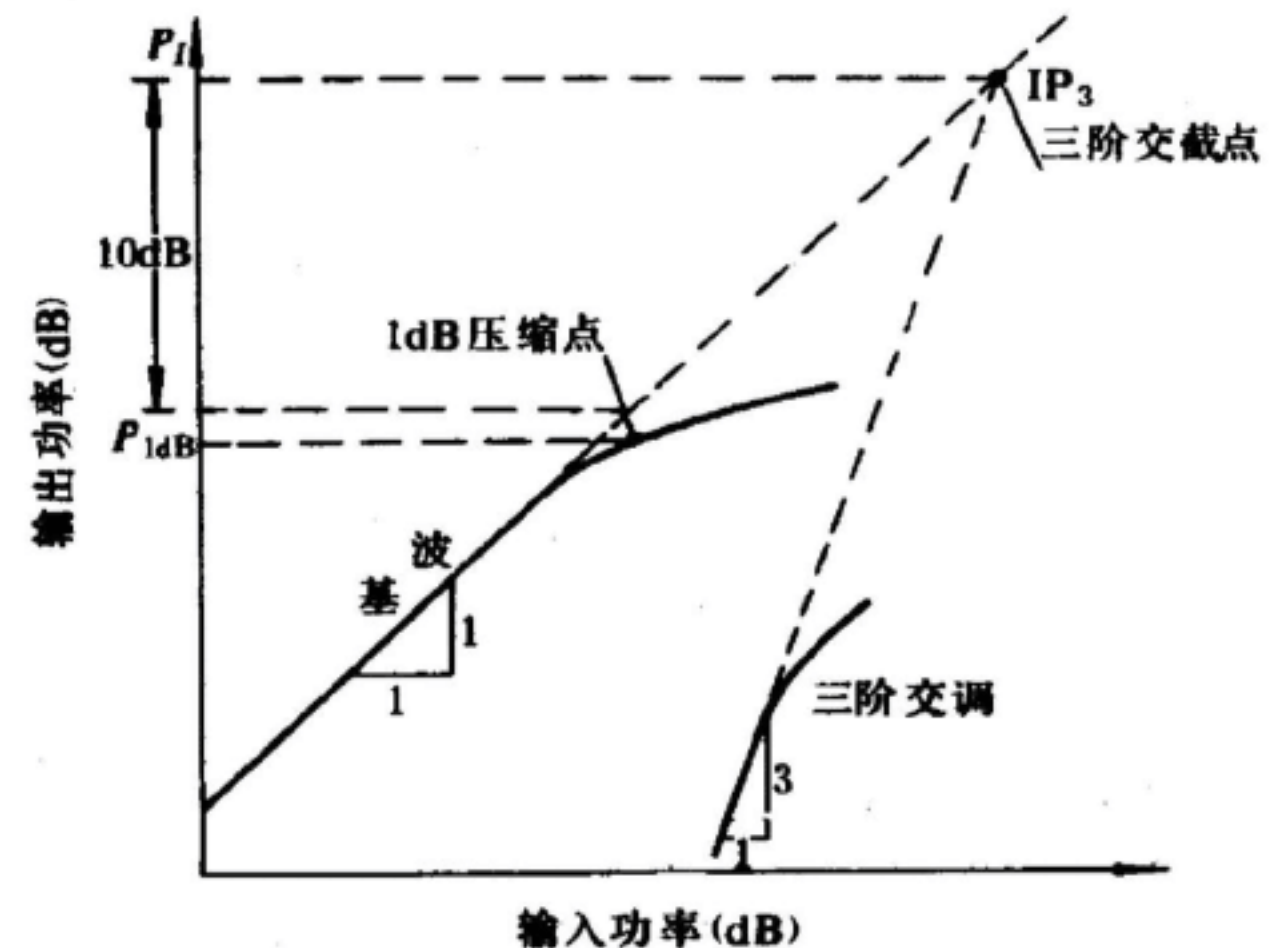
在宽带系统中要想得到较好的功率输出是很难实现宽带匹配的。

1. 饱和输出功率

当功率放大器的输入功率加大到某一值后，再加大输入功率并不会改变输出功率的大小，该输出功率称为功率放大器的饱和输出功率。

2. 1dB压缩点输出功率 P_{1dB}

功率放大器增益压缩 1dB 所对应的输出功率称为 1dB 压缩点输出功率，记作 P_{1dB}



T&W

主要指标—功率效率和功率附加效率

功率放大器的功率效率 η_0 是功率放大器的射频输出功率与供给晶体管的直流功率之比。

$$\eta_0 = \frac{\text{射频输出功率}}{\text{直流输入功率}}$$

对于双极晶体管情况， η_0 称为集电极效率，对于 MOSFET 和 MESFET，称之为漏极效率。

显然，这种定义并没有考虑晶体管的放大能力，即具有相同功率效率的两个晶体管的功率增益可以差别很大。通常，在设计功率放大器时，希望用功率增益高的功率晶体管。为此，又给出另一种定义

$$\eta_{\text{add}} = \frac{\text{射频输出功率}}{\text{射频输入功率} + \text{直流输入功率}}$$

称为功率放大器的功率附加效率，它既反映了直流功率转换成射频功率的能力，又反映了放大射频功率的能力。很明显，用功率附加效率 η_{add} 衡量功率放大器的功率效率是比较合理的。

T&W

主要技术指标 三阶交调

等幅信号输入功率放大器时，输出信号中存在各种阶次的交调分量，其中三阶交调分量 ($2\omega_i - \omega_{i+1}$ 和 $2\omega_{i+1} - \omega_i$) 和与基波信号角频率 (ω_i 和 ω_{i+1}) 非常接近，不可能把它从信道中滤除，因此，三阶交调分量就成为干扰信号。

同理，五阶交调分量 ($3\omega_i - 2\omega_{i+1}$ 和 $3\omega_{i+1} - 2\omega_i$) 也是干扰信号，但它比三阶交调分量要小得多，在系统要求不严时可以不考虑。

三阶交调系数

$$M_3 = 10 \lg \frac{P_3}{P_i^3} \text{ dBc}$$

式中， P_i 和 P_{i+1} 是分别对应角频率 ω_i 和 ω_{i+1} 的基波信号输出功率； P_3 是三

阶交调功率 ($2\omega_i - \omega_{i+1}$ 和 $2\omega_{i+1} - \omega_i$) 处的三阶交调功率。

三阶交调系数是度量微波功率放大器非线性的一项重要指标，不同的系统对它的

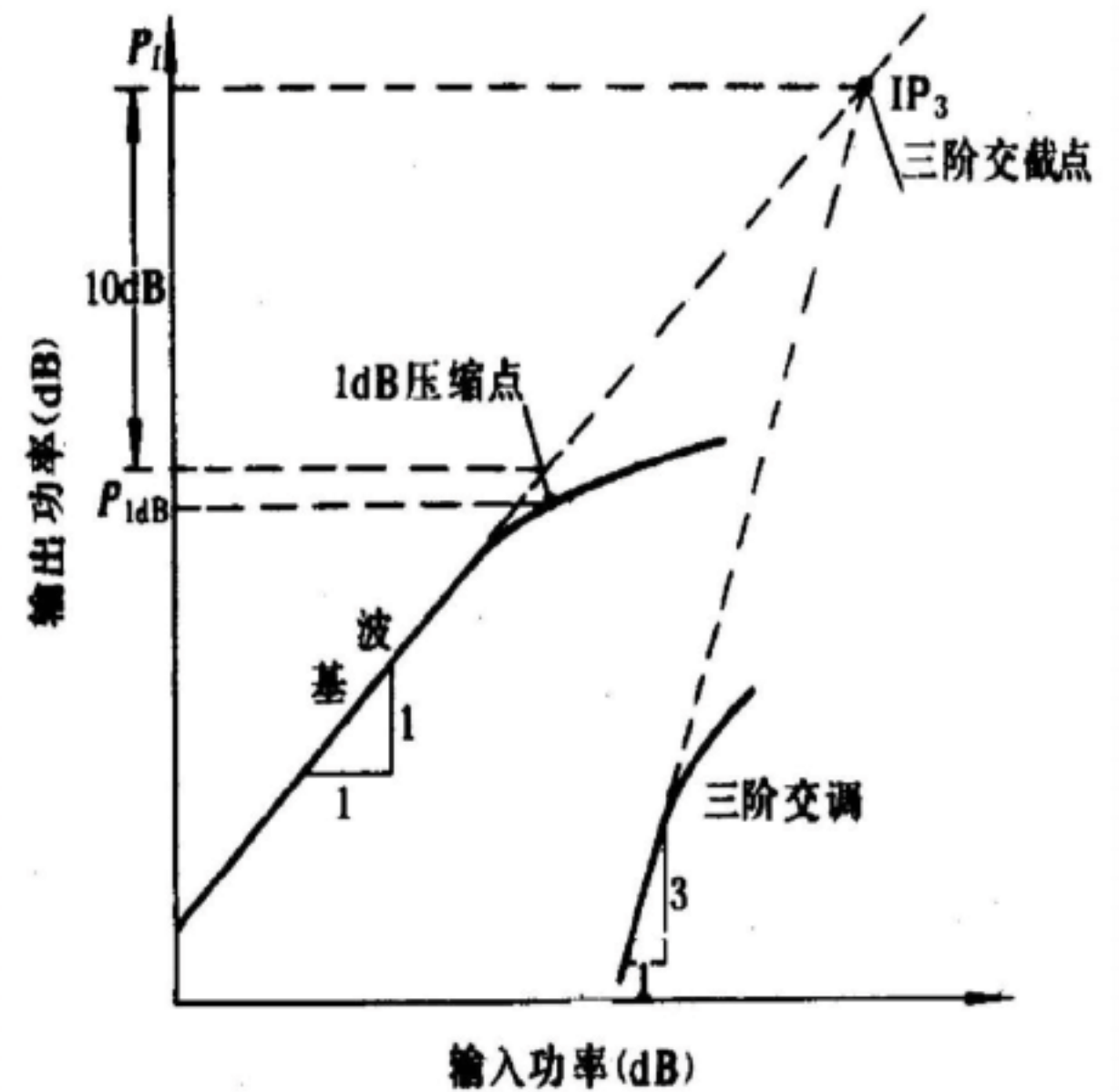
要求是不一样的。

上海市共进通信技术有限公司

主要技术指标 三阶交调

三阶交调交截点

右图中基波信号输出功率特性延长线与三阶交调特性延长线的交点称为三阶交调交截点，用符号 IP_3 表示，对应的输出功率是 P_1 ，它也反映了微波功率放大器的非线性，当输出功率一定时，三阶交调交截点输出功率 P_1 越大，微波功率放大器的线性就越好。在实际 PA Spec 中常用 OIP_3 表示，对应的输入就为 IIP_3 。



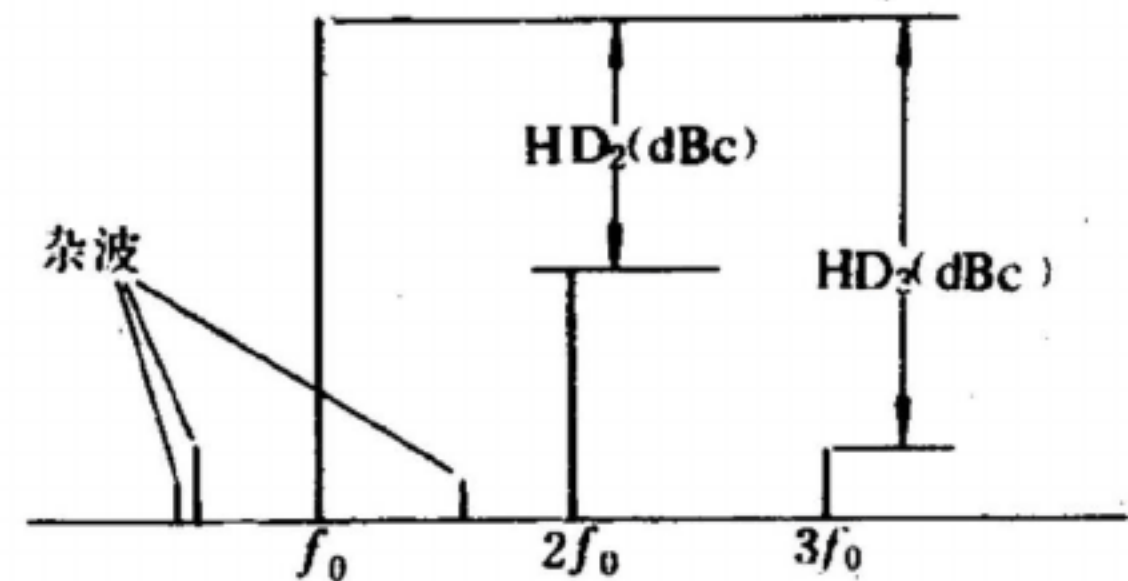
主要技术指标 输入输出驻波比

大功率管的输入阻抗和输出阻抗都很低，BJT的输入阻抗实部只有几个欧姆，与 50 Ω 系统失配得比较厉害。而 MESFET 的输入阻抗较高，与 50 Ω 系统失配得也很大，失配严重时，会损坏功率管。

输入、输出驻波比变坏还会使系统的增益起伏和群迟延变坏，因此功率放大器的输入、输出驻波比应该满足一定要求。在大容量数字通信系统中，功率放大器的输入、输出驻波比取 1.2:1 而在一般系统中，功率放大器的输入、输出驻波比可以取到 2:1 它也是设计微波功率放大器时必须考虑的一项技术指标。

主要技术指标 谐波与杂散

当信号增加到一定程度，功率放大器因工作在非线性区而产生一系列谐波。对于窄带功率放大器，这些谐波都不在通带内，用滤波器很容易滤掉这些谐波。通常可以使谐波降到 60dB 以下。



谐波及寄生杂波

寄生杂波是系统中不需要的那些信号，是功率放大器放大过程中引起的一种信号失真，它与输入信号不是谐波关系，如右图所示。这些寄生杂波绝大部分是在高驱动电平或输入与输出严重失配时出现的。

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/347022054104010005>