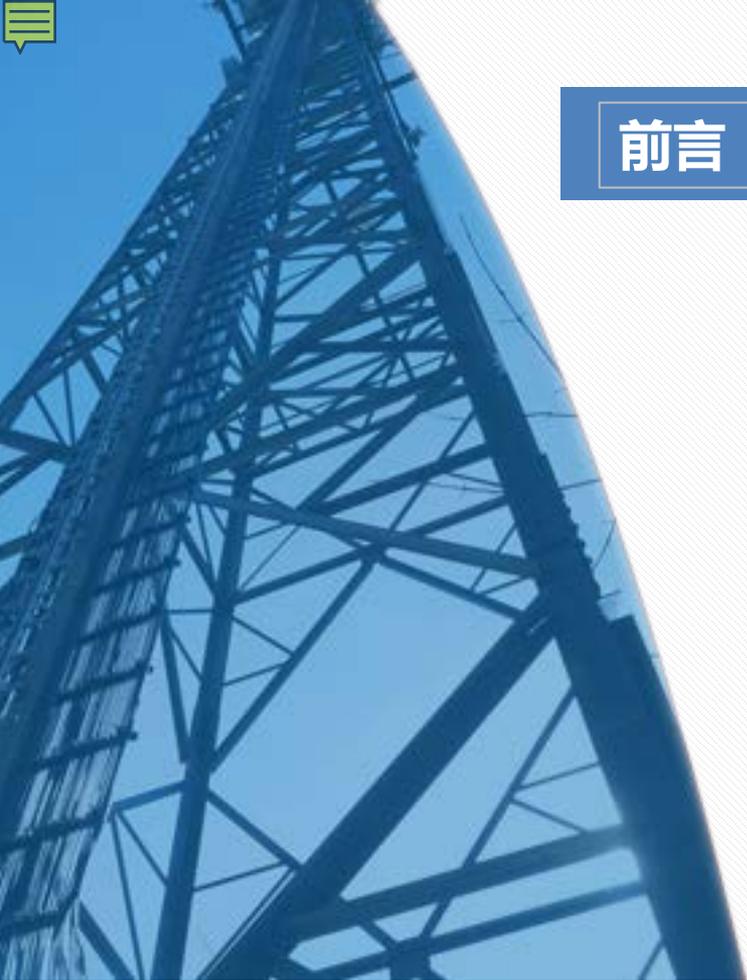


互调干扰分析和解决 培训及经验交流

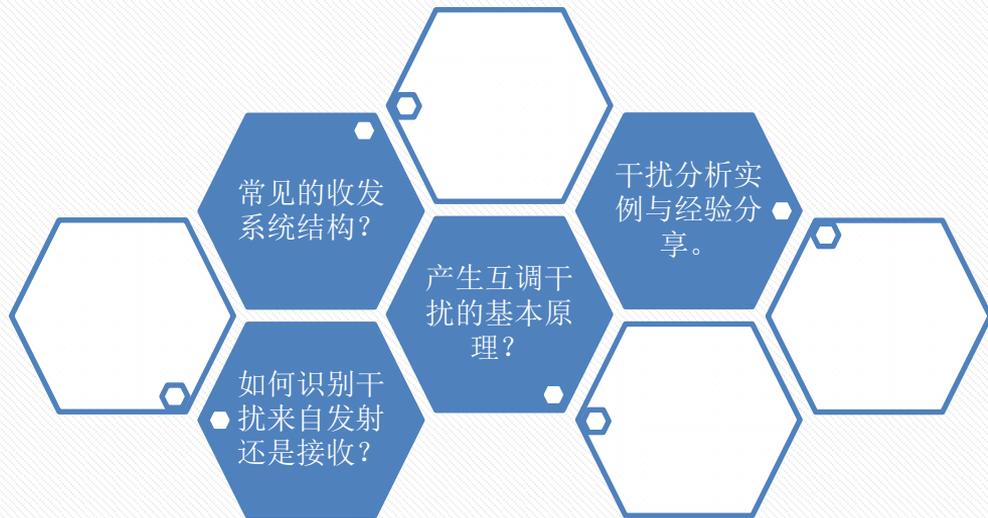


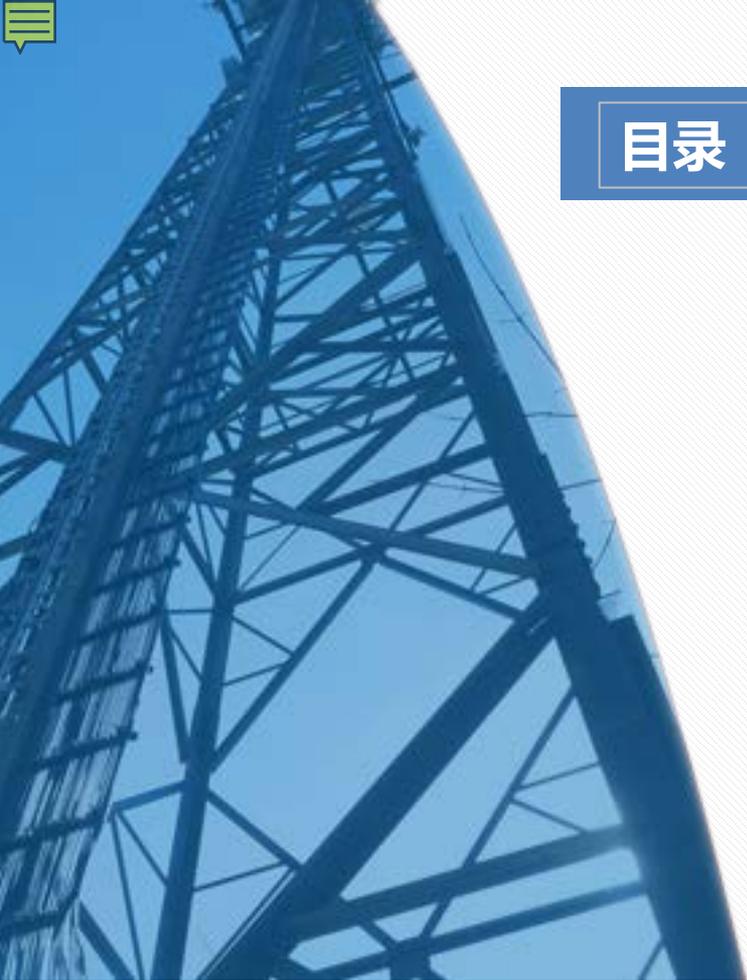
成都大公博创信息技术有限公司

CHENGDU DAGONGBOCHUANG INFORMATION TECHNOLOGY CO., LTD.



前言





目录



一、无线通信系统

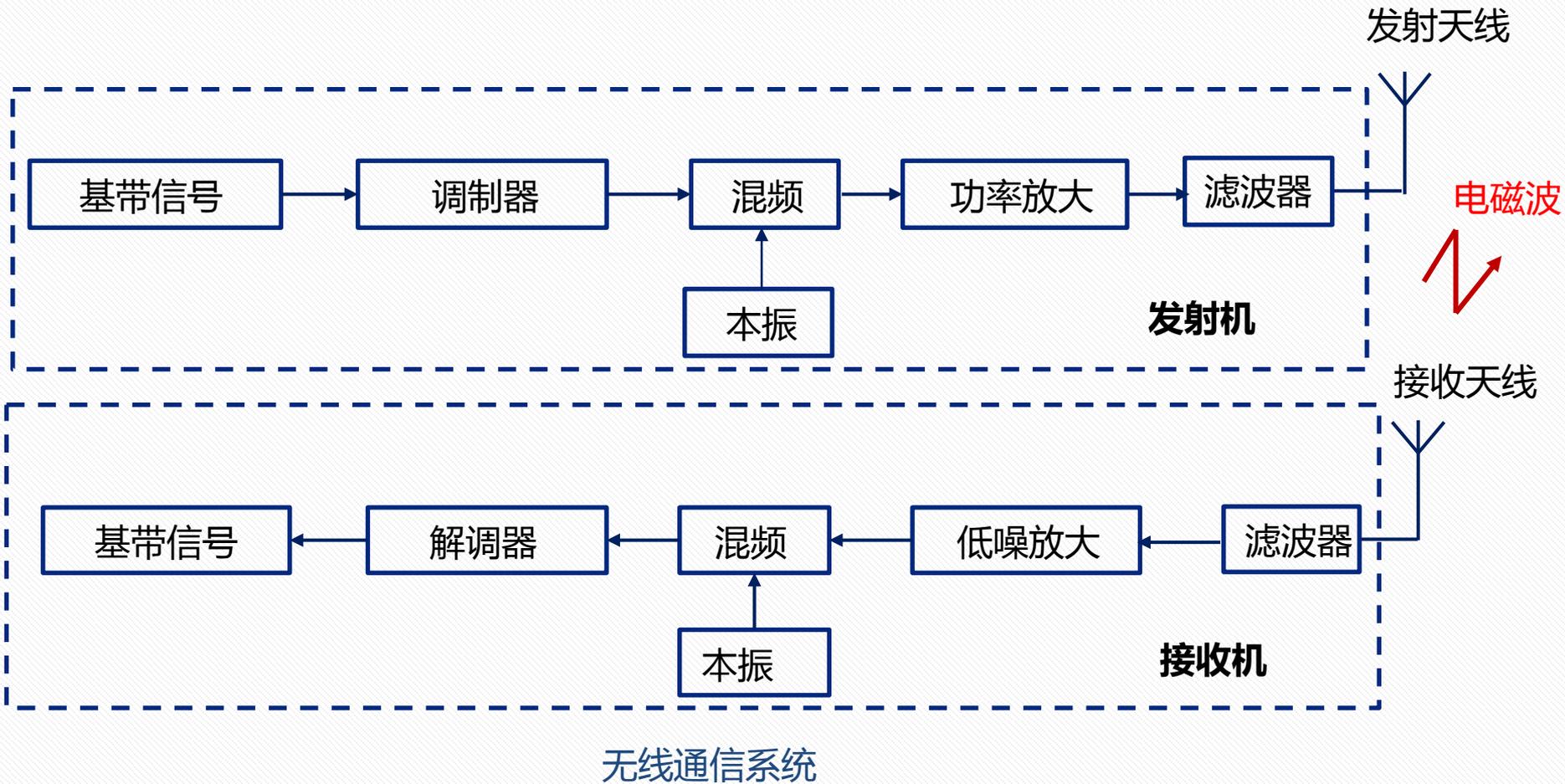


二、非线性引起的互调干扰

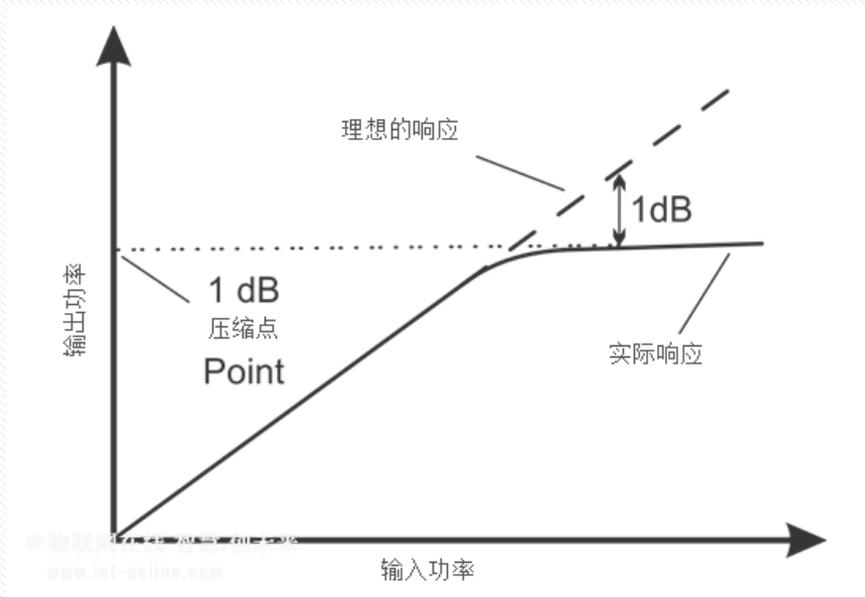


三、接收设备互调干扰实测





2.1、根源：有源器件的非线性



- ✓ 当收发链路中的任一有源器件处于非线性时，可能会带来：谐波、增益压缩、堵塞、交叉调制、**互相调制**等异常现象。

2.2、放大器互调干扰原理

- ✓ 对于非理想放大器这样的非线性二端口网络，其输入 v_i 和输出 v_o 之间，可以展开为泰勒级数：

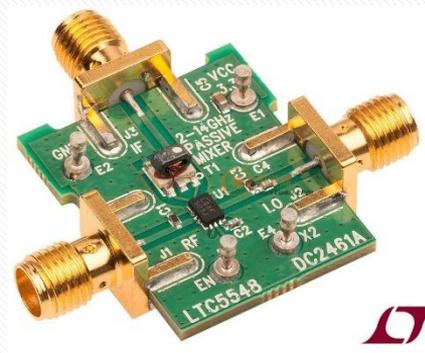
$$v_o(t) = a_0 + a_1 v_i + a_2 v_i^2 + \dots$$

- ✓ 如果 v_i 是一个单频信号，频率 f_0 ，会输出谐波，频率为： nf_0
- ✓ 如果 v_i 是两个单频信号，会输出互调信号。

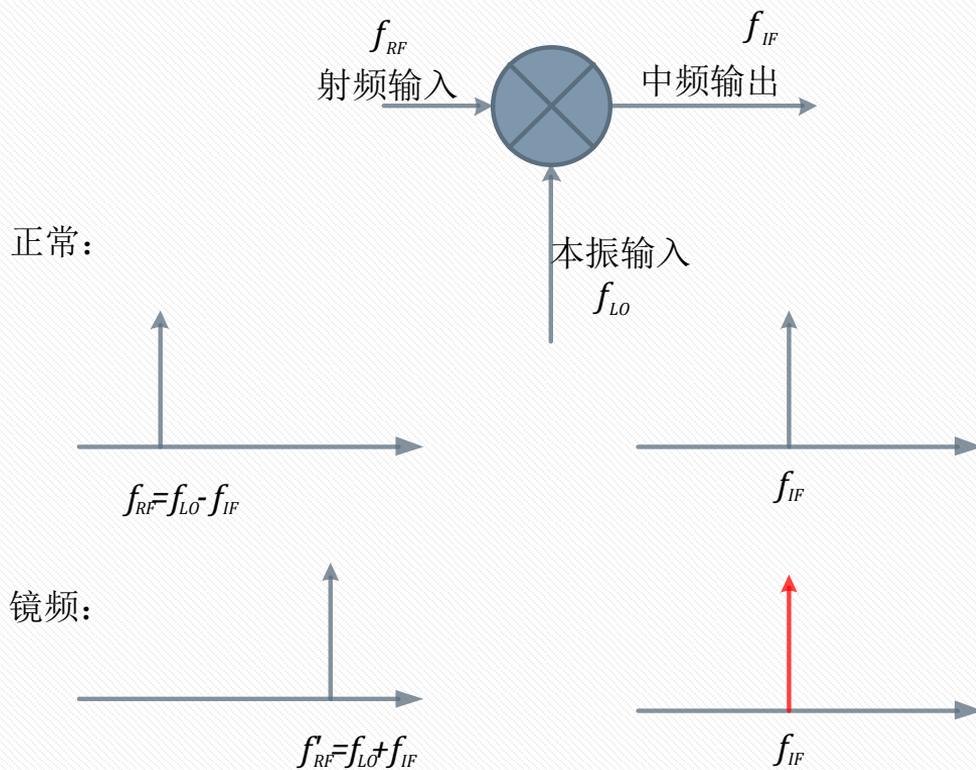
例如，2个频率 f_1 、 f_2 ，将产生 $mf_1 \pm nf_2$ 频率的互调分量。

2.2 混频器互调

- ✓ 对于混频器这样的非线性三端口器件，其两个输入和一个输出之间，级数展开更加复杂。
- ✓ 若 $(f_{LO} - f_{RF})$ 为有用信号，那么其他互调结果为干扰信号。
- ✓ 单个频率 f_{RF} 信号进入混频器，和本振频率 f_{LO} 混频，得到 $(mf_{LO} \pm nf_{RF})$ 的混频结果。



2.2 混频器互调（续）



2.3 非线性引起的互调干扰的分类

发射机互调干扰

接收机互调干扰

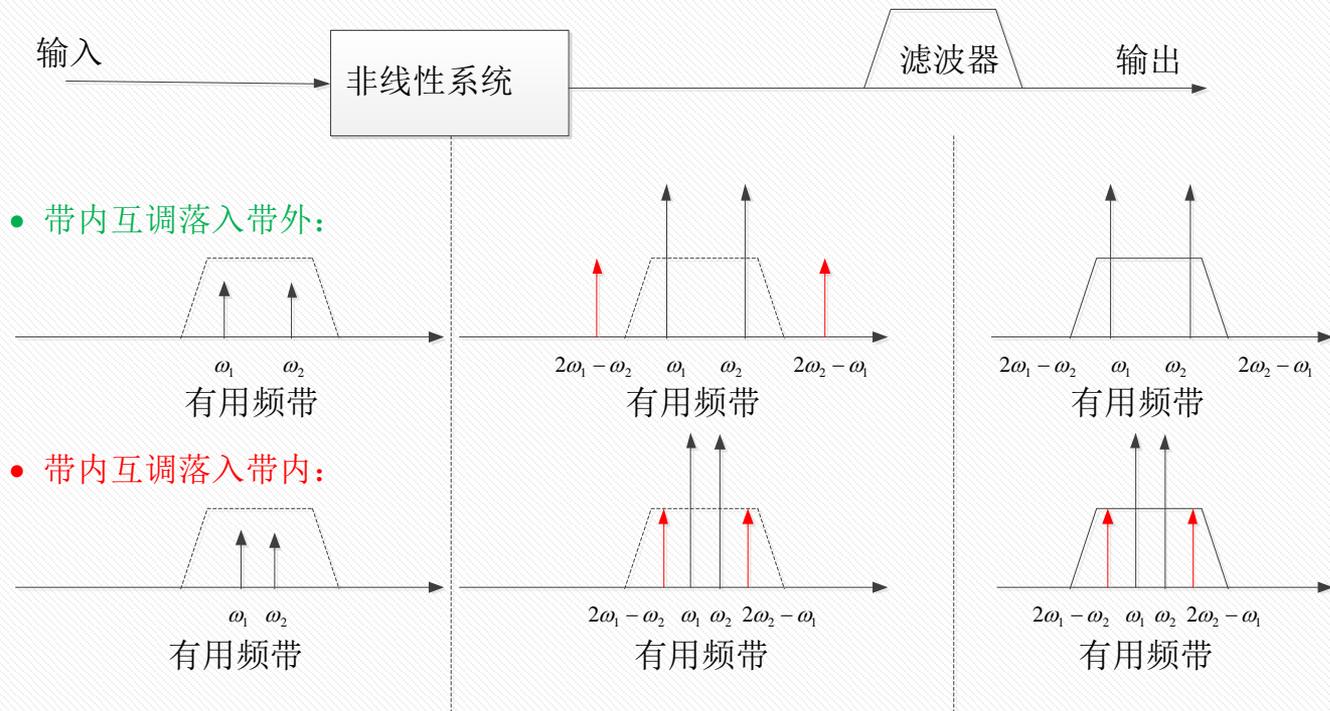
外部效应引起的互调干扰

2.4 非线性引起的互调干扰对发射影响



2.5 发射机互调

对于发射机，在输入信号完全处于带内时，



➤ 三阶

2.6 非线性引起的互调干扰实例

➤ 两个靠近的广播发射台产生的互调。

某地在约105.6MHz，96.6MHz处有两个共塔的FM广播电台，其在87.6MHz产生了三阶互调信号，这个信号的特点是：

- 如果某小段时间，105.6MHz处语音刚好处于静音状态，那么105.6MHz处为CW信号；这时，收音机在在87.6MHz处，将清晰的听到96.6MHz处的广播信号，并且内容完全一样。



2.6 发射机互调

➤ 结论:

- ✓ 对于发射机的末端功放，若输入有用信号 f_1 、 f_2 ，它将产生 $(mf_1 \pm nf_2)$ 频率的众多互调分量，这些互调产物部分会落到规定的频带以外，将影响其他无线通信设备的工作。
- ✓ 在末端功放之后，增加滤波器，能滤除对其他频段的干扰。

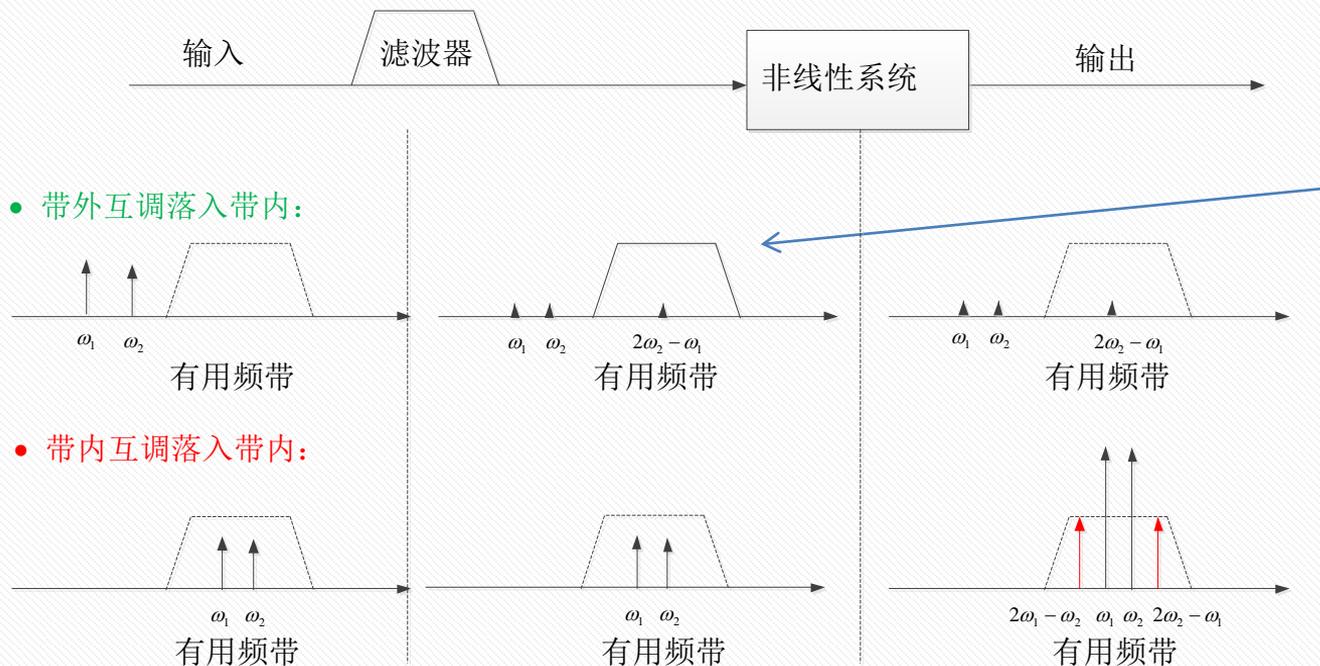
2.6 发射机互调

➤ 减少发射机互调干扰措施:

- ✓ 在末端功放之后,增加滤波器,能滤除对其他频段的干扰。
- ✓ 各发射机分用天线时,要增大天线间的水平,垂直隔离距离,避免馈线互相靠近和平行敷设;
- ✓ 在发射机的输出端接入高Q带通滤波器,增大频率间隔;
- ✓ 改善发射机末级功放的性能,提高线性动态范围;
- ✓ 在共用天线系统中,各发射机与天线间插入单向隔离器或高Q谐振腔。

2.7 接收机互调

对于接收机，在输出信号完全处于带内时，



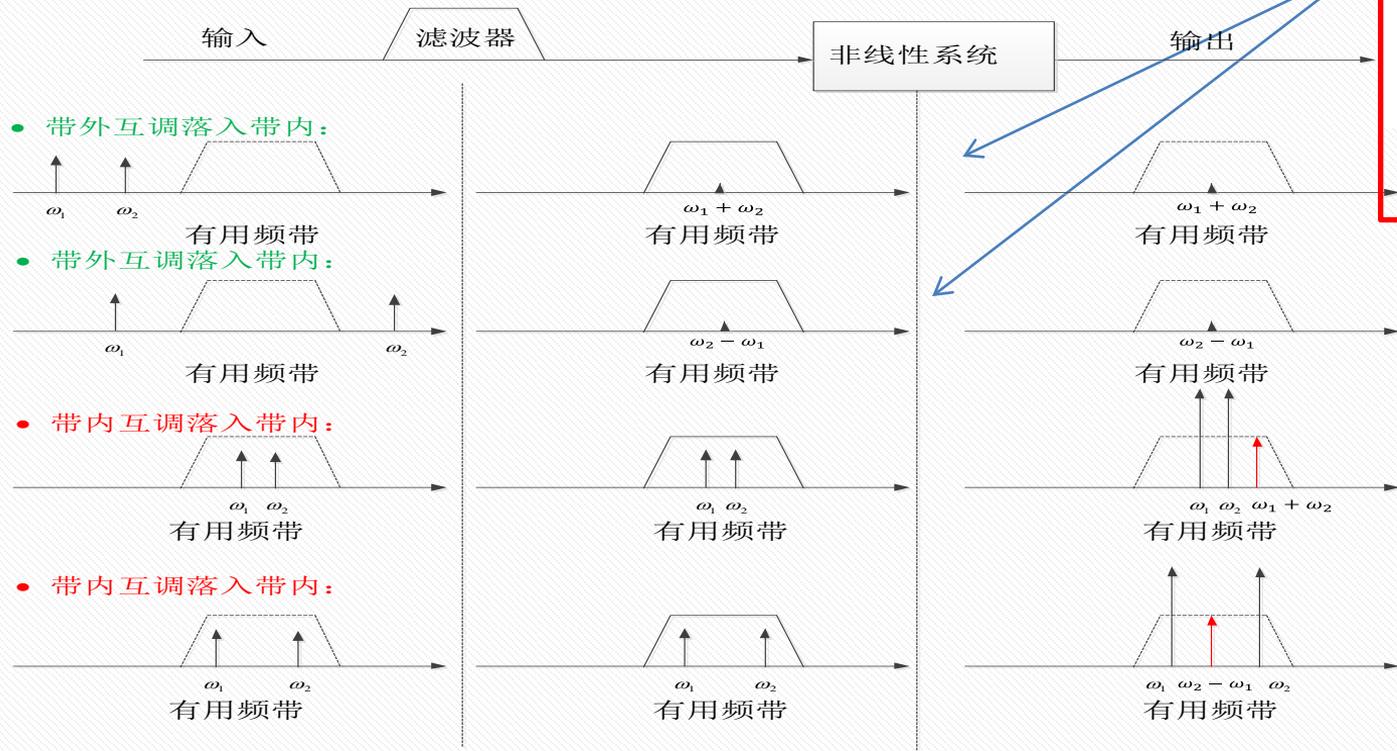
监测接收机优势：

预选滤波器

➤ 三阶

2.7 接收机互调

对于接收机，在输出信号完全处于带内时，



监测接收机优势：

预选滤波器

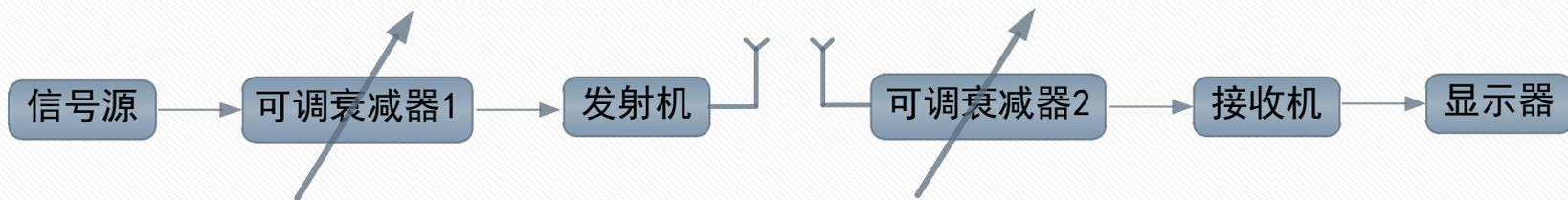
➤ 二阶

2.7 接收机互调

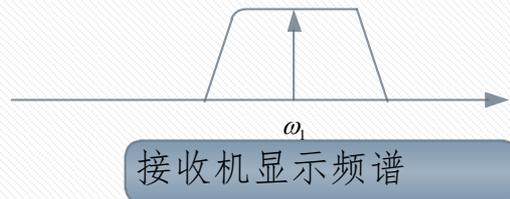
➤ 结论:

- ✓ 对于接收机前端低噪声放大器，若输入 f_1 、 f_2 ，产生 $(m'f_1 \pm n'f_2)$ 的互调信号，会些互调信号部分会落入带内，从而产生干扰。
- ✓ 在初级放大器输入端，加足够窄的滤波器，能滤除带外信号产生的互调。

2.8 收、发互调的判断



通过可调衰减器2, 判断接收机互调, 如三阶互调:
0dB: 输出幅度, 0dBm;
10dB: 输出幅度, -30dBm;
20dB: 输出幅度, -60dBm...



在判定了非接收机互调的基础上,
通过可调衰减器1, 判断发射机互调, 如三阶互调:
0dB: 输出幅度, 0dBm;
10dB: 输出幅度, -30dBm;
20dB: 输出幅度, -60dBm...

2.8 收、发互调的判断（举例）



- ✓ 现象：人的耳朵听到了杂音！
- ✓ 问题：到底是叫的太大声，嗓子破了？还是听到的声音太大，耳鸣了？
- ✓ 方案：先让听的人轻轻捂一下耳朵，排除一下是不是耳鸣，再让叫的人声音小一点.....

2.8 收、发互调的判断（续）

接收设备互调判断

步骤：

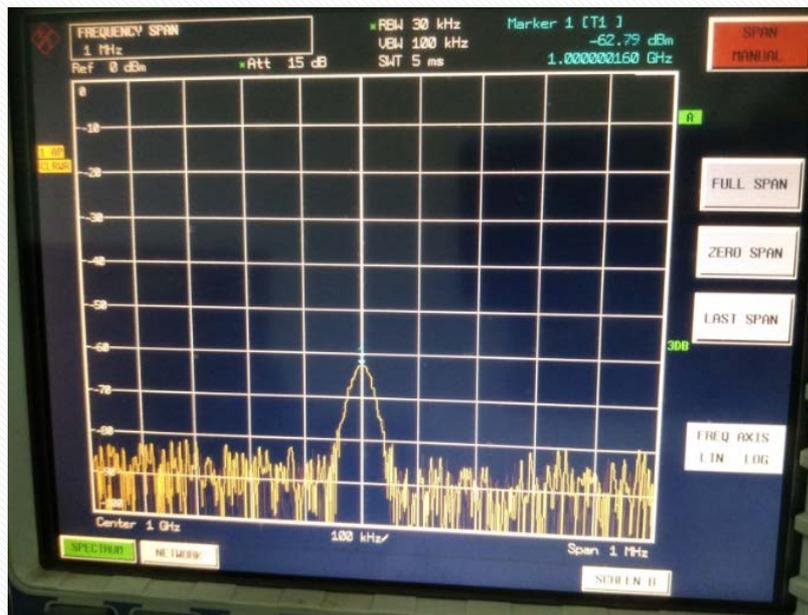
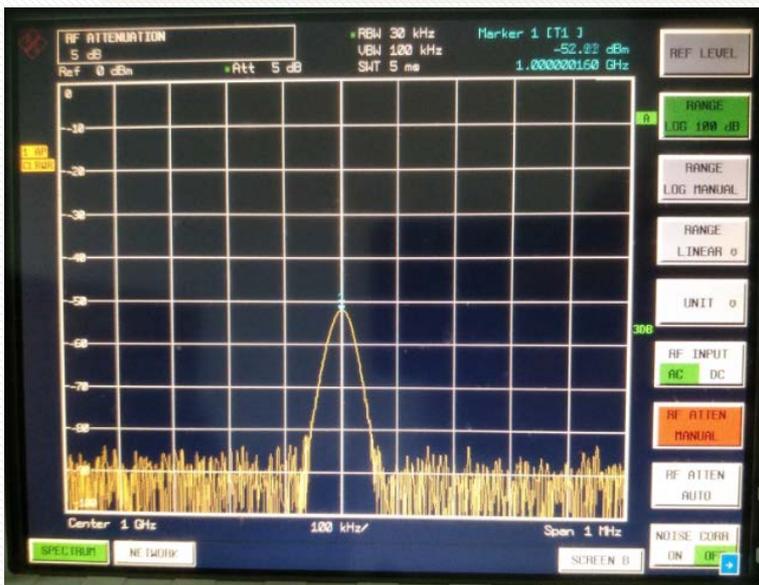
- ✓ 第一步，判断是否存在互调。
 - (1) 对于频谱仪，接收机，加靠近输入端的内置射频衰减。
 - (2) 外置衰减器。
- ✓ 第二步，判断互调阶数。
- ✓ 第三步，根据互调组合关系，确定互调干扰信号的个数，查找互调来源。
- ✓ 第四步，分析信号特征及相关性，提高判断的可靠性。

2.8 收、发互调的判断（续）

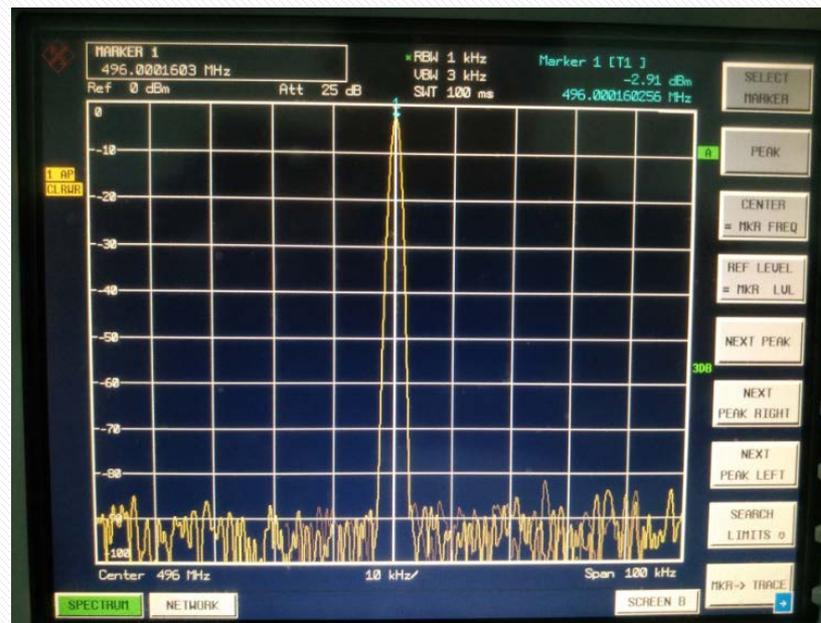
- ✓ 假设频谱仪测出1GHz频点如左上图。
- ✓ 第一步，频谱仪射频衰减增加10dB，1000MHz频点降低10dB。如右下图。

举例

- ✓ 第二步，1GHz频点降低量，是频谱仪射频衰减增加量的1倍，因此这是两个频点互调干扰源应该也是CW信号。

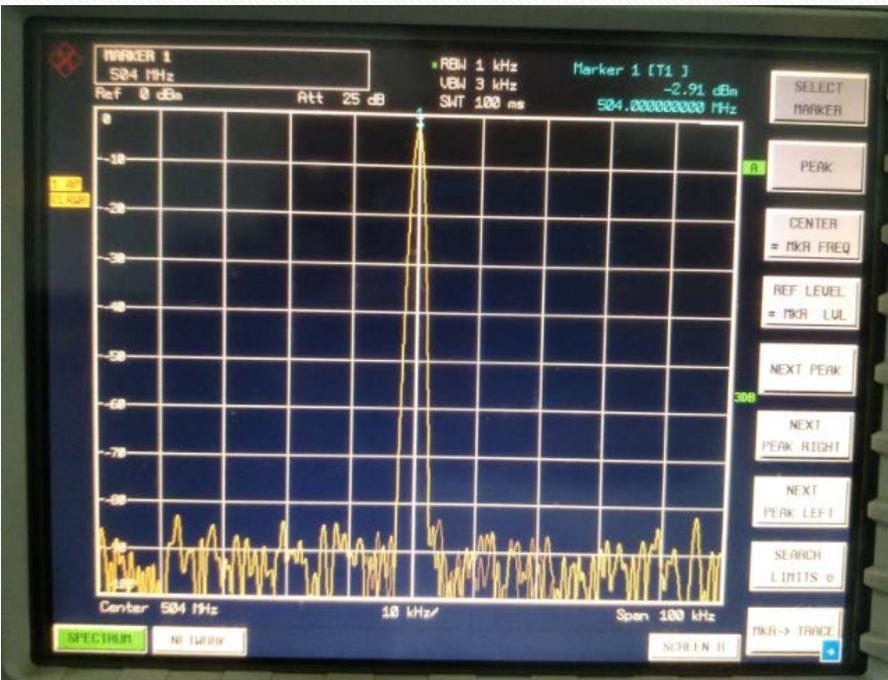


2.8 收、发互调的判断（续）



✓ 第三步（1），进行宽带内查找，发觉有496MHz这个大信号。如左图。

2.8 收、发互调的判断（续）

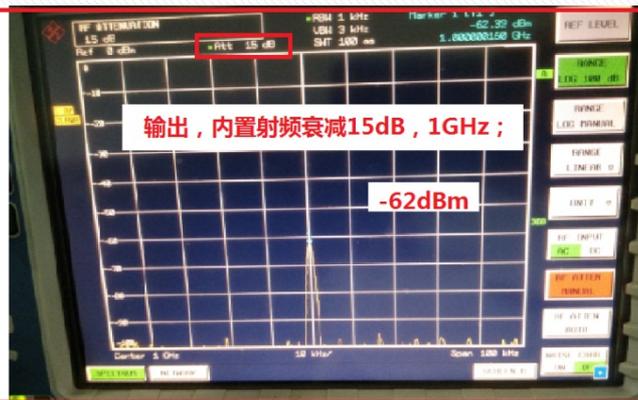


- ✓ 第三步（2），因为该二阶互调可能是两个频率相加、相减，如果496MHz为其中一个干扰源，那么另外一个频点应该为1496MHz或者504MHz。进一步测试，发觉有504MHz这个大信号。如左图。
- ✓ 第四步，这里的1GHz频点为CW信号，而496MHz、504MHz两个频点也是CW信号，因此为互调干扰源的可能性很大。

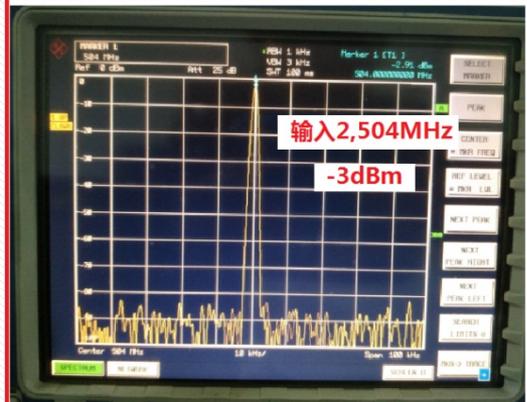
二阶互调



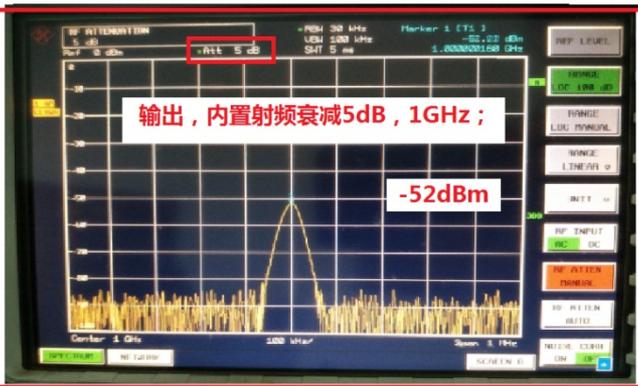
二阶互调截点：
 $-3 + (-3 + 62)$
 $= 56\text{dBm}$



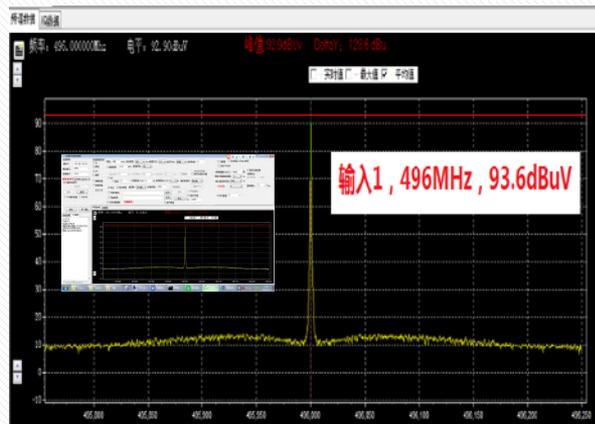
频谱仪
(带外)



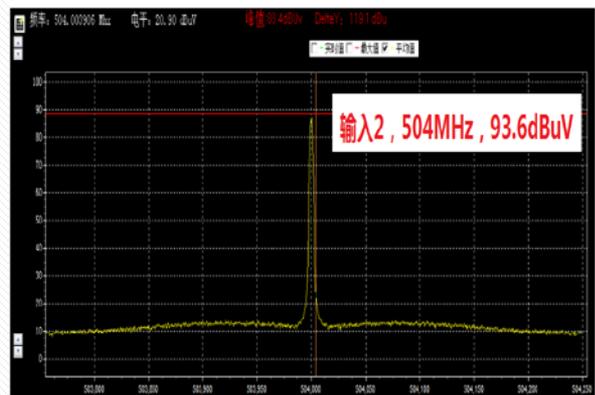
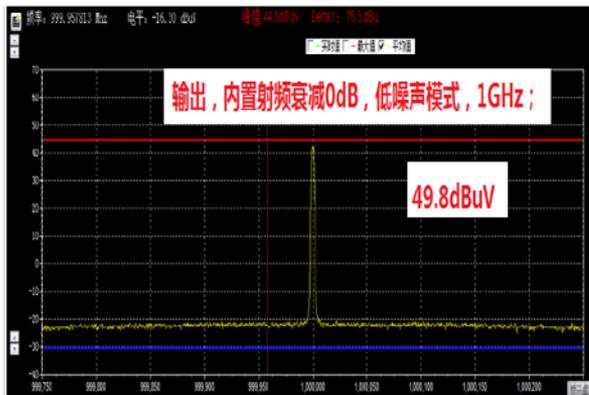
二阶互调截点：
 $-3 + (-3 + 52)$
 $= 46\text{dBm}$



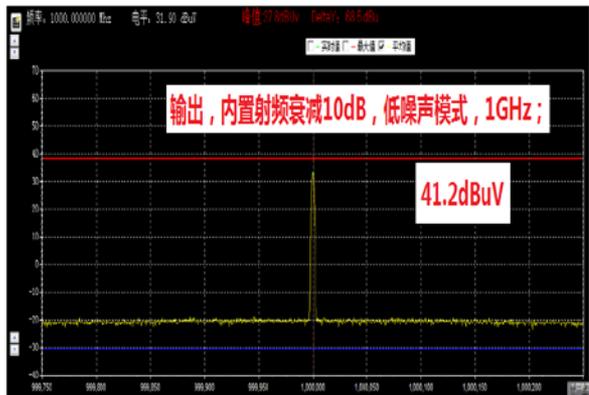
二阶互调



二阶互调截点:
 $93.6 + (93.6 - 49.8)$
 $= 137\text{dBuV}$
 $= 30\text{dBm}$



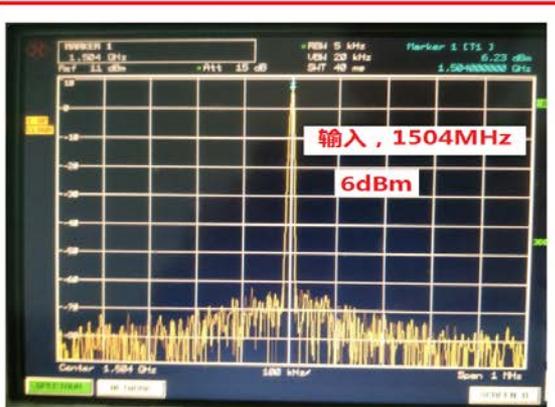
二阶互调截点:
 $93.6 + (93.6 - 41.2)$
 $= 146\text{dBuV}$
 $= 39\text{dBm}$



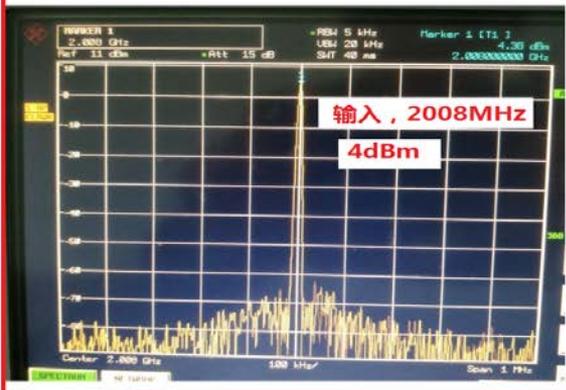
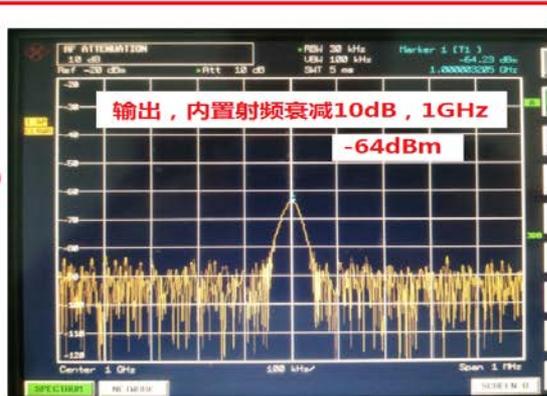
接收机 (带外)

三阶互调

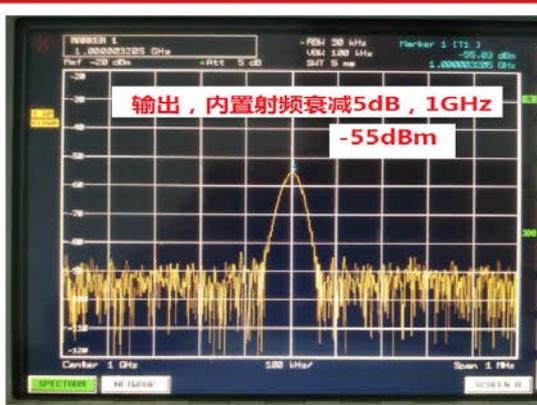
频谱仪 (带外)



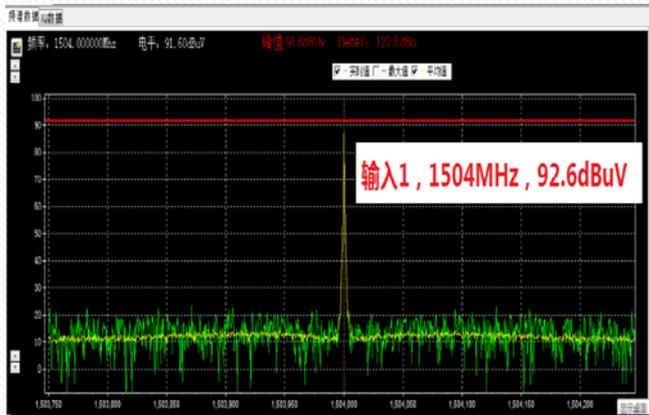
三阶截点：
 $5 + 0.5 * (5 + 64)$
 $= 40\text{dBm}$



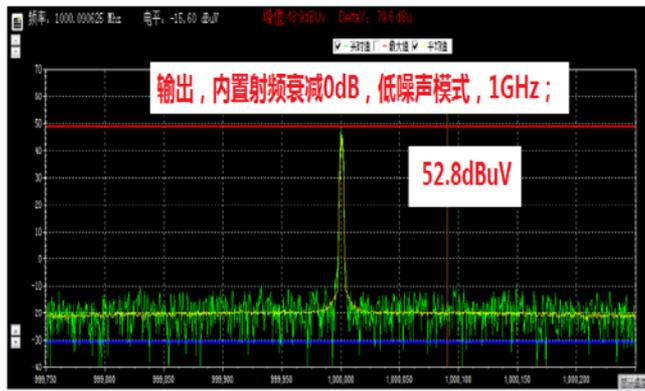
三阶截点：
 $5 + 0.5 * (5 + 55)$
 $= 35\text{dBm}$



三阶互调

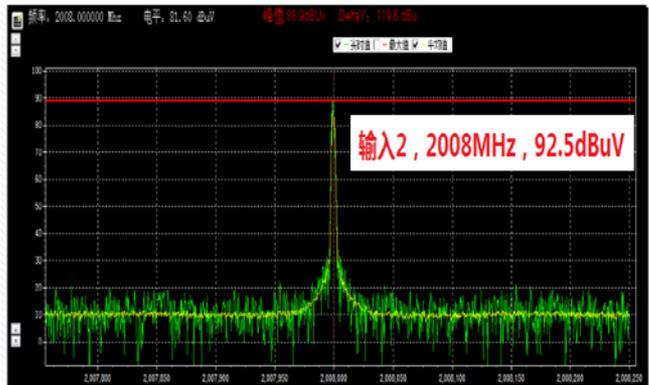


三阶互调截点:
 $92.6 + 0.5^*$
 $(92.6 - 52.8)$
 $= 113 \text{ dBuV}$
 $= 6 \text{ dBm}$

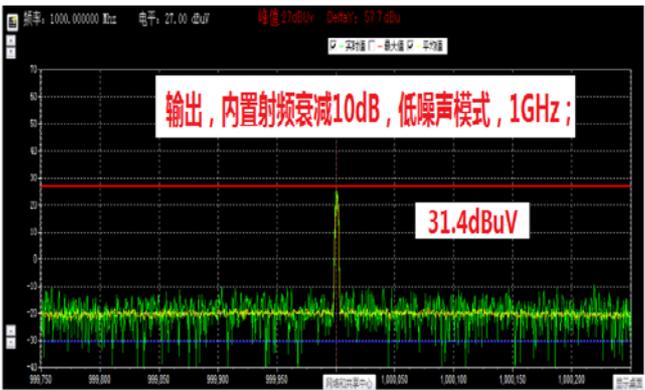


射频链路增益:
48dB

接收机
(带外)



三阶互调截点:
 $92.6 + 0.5^*$
 $(92.6 - 31.4)$
 $= 123 \text{ dBuV}$
 $= 16 \text{ dBm}$



射频链路增益:
38dB

监测接收机与频谱仪实测差异

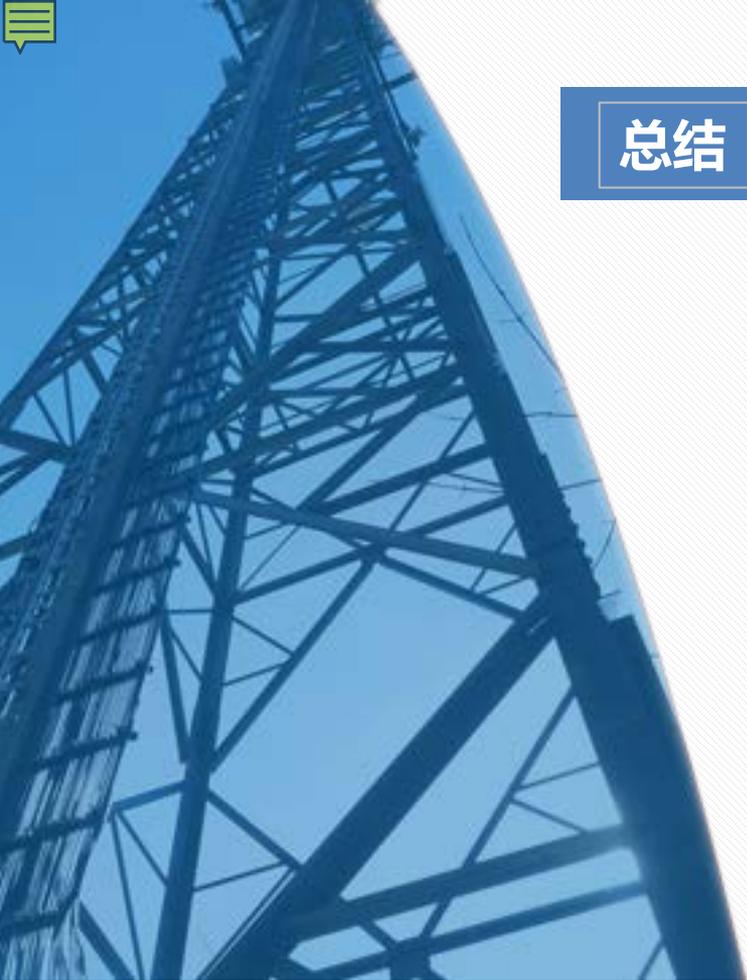


测试对象：R&S FSW，大公博创某中档接收机

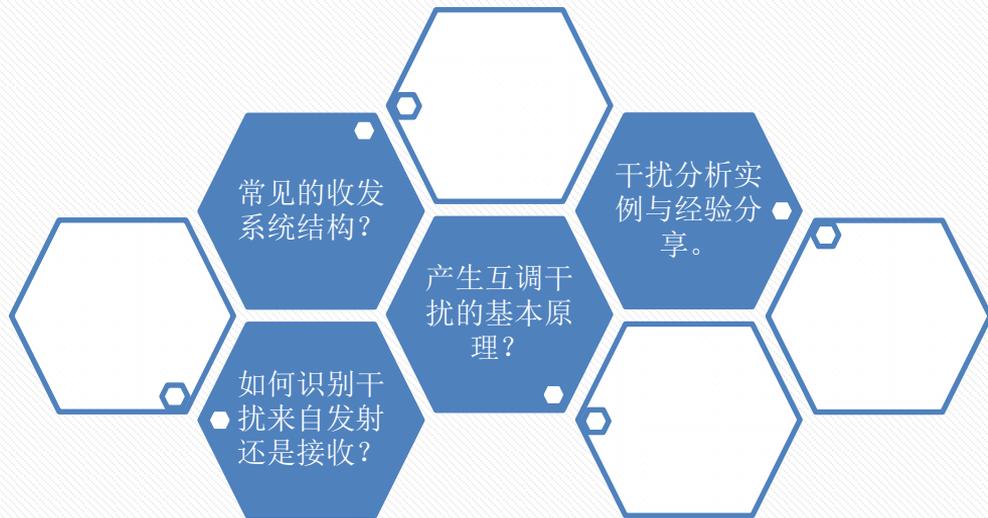
设计理念差异：频谱仪为测试分析已知信号而生，监测接收机为捕获&发现未知信号而活。

互调相关硬件差异：监测接收机有更复杂的滤波器（预选、中频滤波）。

表现效果：监测接收机有清晰的带内带外三阶指标差异；频谱仪整体线性度更好（特别是带内2信号3阶场景时），但灵敏度更差。



总结



谢谢聆听

**大公博创
信息技术有限公司**

地址：成都市高新西区百草路666号
电话：028-66329187
邮箱：cs@dgbc.net.cn

