

张兴伟 编著

巧用 频谱分析仪 修手机

深圳安泰信电子有限公司手机维修研究中心



广东科技出版社

前 言

手机维修行业迅猛发展，手机的维修方法也很多。就一般检测设备来说，有频谱法、示波法、电压法和电阻法等。

在手机维修中，以上方法都可能用上。但就手机射频故障来说，频谱分析法为首选。但实际上，真正能用频谱分析仪检修手机的并不多。所以经常有人问，频谱分析仪是否有用？

为了教学的方便，也为了方便大家，我们写了这本运用频谱分析仪修手机的入门书。它没有高深的东西，主要给出了一些基础的和概念性的方法及思路。在进行维修工作时，首先需要的就是一个明确的思路，否则，再好的设备也无济于事。

现在图书市场上还没有类似的书籍，我们的经验也会有一定的局限性，编写此书为的是想起一个抛砖引玉的作用，以便能有更多更好的关于频谱分析仪修手机的书籍与读者见面。

张兴伟工作室
telesky@163.net

目 录

第一章 概述	(1)
第二章 关于频谱分析仪	(8)
第一节 频谱分析仪	(8)
第二节 性能参数	(10)
第三节 操作旋钮(按钮)	(12)
第三章 频谱分析仪在手机电路检测中的运用	(19)
第一节 检测低噪声放大器	(24)
第二节 检测接收混频器	(31)
第三节 检测接收机本机振荡电路	(35)
第四节 检测接收机中频电路	(37)
第五节 检测发射中频电路	(39)
第六节 检测 TXVCO 电路	(40)
第七节 检测发射上变频电路	(42)
第八节 检测功率放大器电路	(43)
第四章 运用实例	(45)
第五章 检修方法	(56)
第一节 无接收故障	(56)
第二节 无发射故障	(61)
后记	(67)
附图	

第一章 概述

在进行电子设备维修时，包括无线蜂窝电话的维修，都不可避免地要提及信号，要去检测分析信号。

无论是传统的有线电话，还是 ETACS 模拟移动电话、GSM 数字移动电话，都可进行信号的传输。我们对手机进行维修过程，实际上就是对手机进行信号检测、信号分析、确定“病灶”、排除故障的过程。只有快速、准确地检测、分析电路中的信号，才能迅速判断故障部位。

数字手机中的信号有其比较特殊的一面，很多信号不确定。若对手机电路及其信号没有足够的了解，以一般的手段检测这些信号是比较困难的。

从事手机维修工作大都设置有 20 MHz 的示波器。从理论上说，20 MHz 的示波器是应该能检测到诺基亚 3210 的 13 MHz 第二中频、爱立信的 6 MHz 第二中频的，并且能检测到所有手机的接收基带信号 (67.707 kHz)。但实际上真正能检测到这些信号的示波器并不多。

要准确地检测手机中的信号，通常所需配置的设备为：

(1) 无线通信综合测试仪、频谱分析仪、示波器。用这样的设备进行手机维修，定能检测到上述信号。

(2) 手机厂家的维修软件、频谱分析仪、示波器。用这一款配置，若没有足够的经验，未必能检测到上述信号。

实际上，以上两种配置对于一般维修人员来说是可望而不可及的。我们在实际工作中通常使用下面两款简易配置，实践证明，这两款配置非常实用：

(1) Tiger-808 射频虎，安泰 5010 频谱分析仪 (约 6500 元)，20 MHz 示波器；

(2) Tiger-808 射频虎，示波器频率计功能扩展器，20 MHz 示

波器，频率计。

其中，Tiger-808 射频虎、示波器频率计功能扩展器是工作室开发的产品。使用这些产品，可以以简单的配置对手机信号进行快速的检测。

当然，设备只是一个辅助性的器具，关键在于如何利用它们去进行信号测试。这就需要对手机中的信号有一个比较清楚的认识，以便能灵活运用。否则，即使配置有综合测试仪，也无济于事（关于这方面的知识，可参阅广东科技出版社出版的《手机维修技术培训教程》）。

在多年的教学与培训过程中，常常有提出同样一个问题：频谱分析仪在手机维修中到底有没有作用？

答案是肯定的。只要真正掌握手机的电路结构及其工作原理，真正掌握频谱分析仪在手机维修中的使用方法，那么手机的维修，特别是手机射频故障的维修会变得非常容易。

下面举例说明。

从事手机维修工作的人都知道 13 MHz 信号。那么，在一般情况下，我们可以用示波器判断 13 MHz 电路信号的存在与否，以及信号的幅度。然而，我们却无法利用示波器确定 13 MHz 电路信号的频率是否正常，而且维修人员通常使用的都是 20 MHz 或 40 MHz 的示波器，这些示波器是根本不可能检测到摩托罗拉 V998 的 400 MHz 中频信号的。

我们用频率计可以确定 13 MHz 电路信号的有无，以及信号的频率是否准确，但却无法用频率计判断信号的幅度是否正常。

然而，使用频率计，这些问题基本上是不存在的。频谱分析仪既可检查信号的有无，又可判断信号的频率是否准确，还可以判断信号的幅度是否正常。同时它还可以判断信号，特别是 VCO 信号是否纯净。

数字手机与模拟手机有很大区别。数字手机的接收机、发射机电路在待机状态下是间隙工作的，所以在待机状态下，频率计很难检测到射频电路中的信号。对于这一点，应用频谱分析仪并不难做

到。图 1-1~图 1-6 就是利用频谱分析仪所检测到的、摩托罗拉 L2000 手机待机状态下的 800 MHz 第二中频信号（从录像中分离出来的连续波形图）。

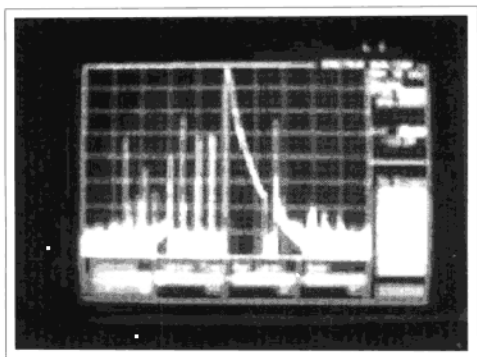


图 1-1 L2000 的 800 MHz 中频 VCO 信号
连续频谱图（一）

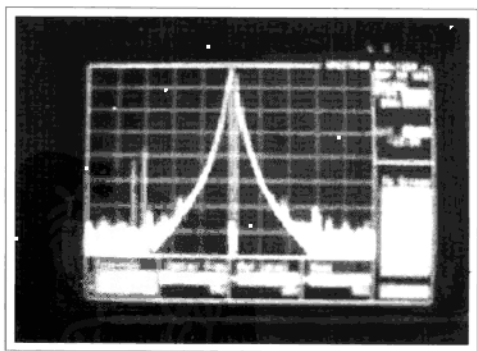


图 1-2 L2000 的 800 MHz 中频 VCO 信号
连续频谱图（二）

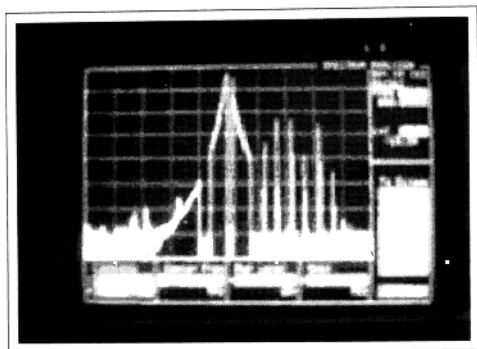


图 1-3 L2000 的 800 MHz 中频 VCO 信号
连续频谱图 (三)

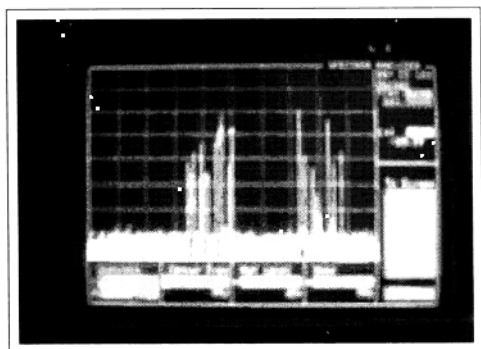


图 1-4 L2000 的 800 MHz 中频 VCO 信号
连续频谱图 (四)

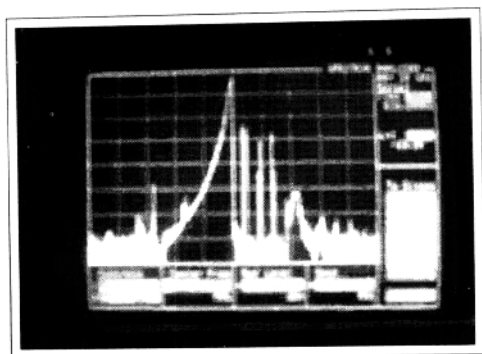


图 1-5 L2000 的 800 MHz 中频 VCO 信号
连续频谱图 (五)

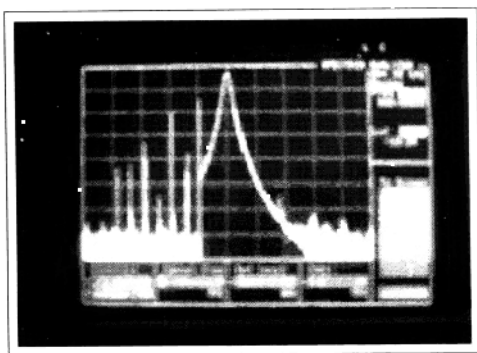


图 1-6 L2000 的 800 MHz 中频 VCO 信号
连续频谱图 (六)

比较以下频谱分析仪与示波器所检测到的信号，可以明显看出它们的区别。图 1-7 和图 1-8 所示的是用示波器检测到 13 MHz 信号。图 1-9 和图 1-10 所示的是用频谱分析仪检测到的 13 MHz 信号和诺基亚 3210 手机的中频 VCO 信号。

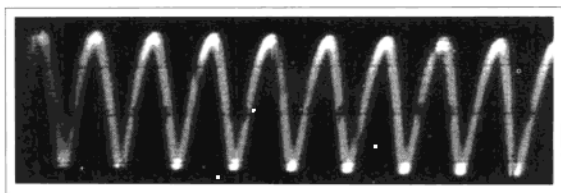


图 1-7 示波器所检测到的 13 MHz 时钟信号

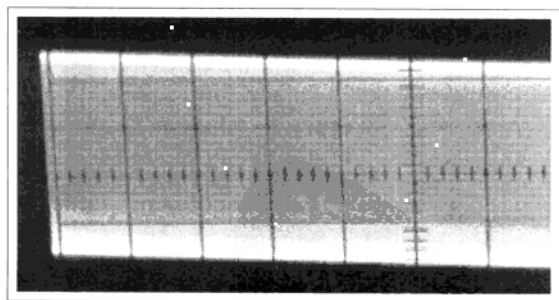


图 1-8 示波器所检测到的诺基亚 3210 中频信号

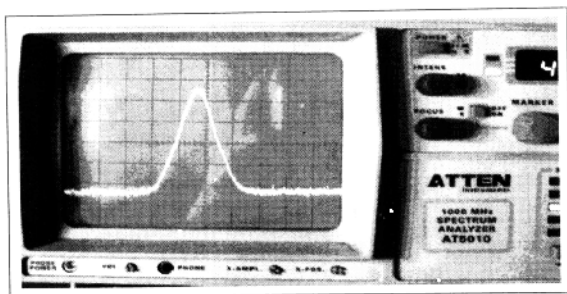


图 1-9 频谱分析仪所检测到的诺基亚 3210 的第二中频 VCO 信号

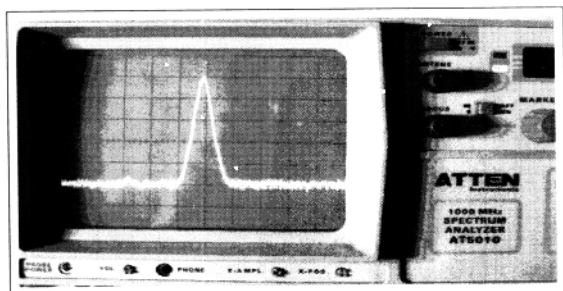


图 1-10 频谱分析仪所检测到的 CPU 输送到音频模块的时钟信号

第二章 关于频谱分析仪

频谱分析仪在手机射频电路故障维修中所起的作用是非常大的。要使频谱分析仪在维修工作中的作用发挥出来，就得对频谱分析仪有一个清楚的认识。下面我们将对频谱分析仪进行简单而必要的介绍。

生产频谱分析仪的厂家不多。我们通常所知的频谱分析仪有惠普（现在惠普的测试设备分离出来，为安捷伦）、马可尼、惠美，以及国产的安泰信。相比之下，惠普的频谱分析仪性能最好，但其价格也相当可观，1GHz 的频谱分析仪通常都为 6 万元以上。早期，惠美的 5010 频谱分析仪比较便宜，约 1 万元。国产的频谱分析仪很少见，最近生产的安泰 5010 频谱分析仪的功能与惠美的 5010 差不多，但其价格却比较便宜，约 6800 元。这对于无线电修理行业来说算得上是个福音。本书将以安泰 5010 频谱分析仪为例，讲述频谱分析仪在手机维修中的运用。

第一节 频谱分析仪

分析电气信号，对许多工程师和科学家以及电子产品维修人员来说是一个基本的问题。即使不是电气的问题，也依靠传感器将信号转换成电信号再行分析其感兴趣的参数。各种的物理量转换成电气信号后，有多种仪器可对它们进行时间和频率两种领域内的分析。传统上，观察电气信号是用一台示波器在时域内观察。时域是对电信号的特性恢复其时间上和相位上的关系。然而，并非所有电路的特性都可用时域来完全表征的。电路元件，诸如放大器、振荡器、混频器、调制器、检波器和滤波器，表征其特性最好的是频响数据。用频域来观察可得最好的结果。为测量频域，就需要能鉴别出各频率组成，并可对各频率分量电平读数的仪器。频谱仪就是这

类仪器之一。它能在示波管屏幕上用图显示相应于频率的电压或功率。

在时域里，信号的所有频率分量都总合在一起。在频域范围，复合信号的各频率都分隔开，并且每个频率的功率电平都被显示出来。频域即是相对于频率的幅度的图示。频域包含了时域不能表示的信息，所以频谱仪在某些方面优于示波器。

对低电平的失真，频谱仪比示波器更具灵敏性。可从示波器上看到正弦波（时域），但是在频域里，可以看到其谐波失真。灵敏度和宽的动态范围也使频谱仪得以测量低电平调制，可测量调幅、调频和脉冲调制的射频信号。频谱仪可以测量载波频率、调制频率、调制电平和调制失真。变频器件的特性很容易被测得。这些特性参数（如变频损耗、隔离度和失真度）从显示器上即可读到。

频谱仪有扫描调谐式和实时型两类。扫描调谐频谱仪用电扫描在频率范围内调谐，其频谱的频率分量随着时间依次采样出来。所以，扫描调谐频谱仪可以显示周期信号和随机信号，但不能测量显示瞬变响应。实时频谱仪顾名思义可同时显示在其测量范围内的信号各分量的幅度，这保持了信号的时间属性，以致可以显示出相位信号信息。实时频谱仪可以显示瞬变响应，也可显示周期和随机的信号。

扫描调谐式频谱仪通常有调谐射频频型或超外差型。调谐射频频谱仪是用一个中心频率可调的调谐带通滤波器对所希望的频率范围扫描，检波器于是在示波管上输出垂直偏转电平，水平扫描发生器一方面对其频率进行扫描，另一方面输出控制电平到示波管的水平偏转板去。这是一种结构简单、价格便宜的频谱仪，它具有宽的频率覆盖，但其分辨率和灵敏度却不佳。由于调谐射频频谱仪是扫描滤波器，它们受制于扫描宽度，因而制约频率范围。分辨率取决于滤波器带宽，而带宽又往往随频率而变化。

最常用的频谱仪与调谐射频频谱仪的不同点在于，前者是通过一个固定带宽的带通滤波器，而后者则是通过扫描带通滤波器去选择信号频率。这就是一台窄带接收机，通过锯齿电压去压控本地振

荡器频率，从而对被测信号进行电子调谐。同样锯齿电压被加到示波管的水平偏转板。而接收机的输出是同步地加到示波管的垂直偏转板，于是一幅幅度相对于频率的图便被显示出来。

频谱仪对其测量频率范围的调谐，是通过改变本振的调谐电压而实现的。本振与输入信号进行混频得到中频，再被检波出来和偏转显示。当输入信号与本振的频率差等于中频时，频谱仪上出现一根响应频谱线。超外差技术的优点很突出，它得到了高灵敏度，所以除了可以看到信号的基波之外，还可以看到信号的多次谐波。

同样，改变中频滤波器的带宽，即可以改变分辨率。当然，超外差频谱仪不是实时的，并且它的扫描速率必须考虑到中频滤波器的时间常数。示波管左边出现的一个谱线峰有时叫作“0 频率指示”或“本振直通”。当频谱仪扫频过 0 频率时，本振信号直接通过中频，而且示波管上产生峰线，即使没有外信号输入亦然。它影响了频谱仪测量的低端极限。

第二节 性能参数

(1) 频率。

频率范围：0.15 ~ 1050 MHz

中心频率显示精度： ± 100 kHz

频率显示分辨率：100 kHz

扫频宽度：100 kHz/格 ~ 100 MHz/格（精度： $\pm 10\%$ ）

频率稳定性：优于 150 kHz/h

中频带宽（-3 dB）：400 kHz 和 20 kHz

扫描速度：43Hz

(2) 幅度。

幅度范围：-100 ~ +13 dBm

屏幕显示范围：80 dB（10 dB / 格）

参考电平：-27 ~ +13 dBm（每级 10 dB）

参考电平精度： ± 2 dB

平均噪声电平: -99 dBm

灵敏度: 平均噪声电平上 $< 5\text{ dB}$

(3) 输入。

输入阻抗: 50Ω

插座: BNC

衰减器: $0 \sim 40\text{ dB}$

输入衰减精度: $\pm 1\text{ dBm}$

最大输入电平: $+10\text{ dBm}$, $+25\text{V}_{\text{dc}}$

安泰 5010 频谱仪可以检出频率范围为 $0.15 \sim 1050\text{ MHz}$ 的电气信号的频谱分量。频谱仪实际上是一个 3 次变频的扫频超外差接收机。被测信号 ($f_{\text{A}} = 0.15 \sim 1050\text{ MHz}$) 加到第一混频器, 在其内与一个压控振荡器 ($f_{\text{本振}} = 1350 \sim 2350\text{ MHz}$) 来的信号电压混频。这一振荡器称作第一本振 (本地振荡器)。该振荡器和输入频率之差 ($f_{\text{本振}} - f_{\text{A}} = \text{第一中频}$) 为第一中频。它通过调谐在 1350 MHz 上的带通滤波器滤波, 然后进入放大器, 再经过 2 级混频器和放大器。第二中频为 29.875 MHz , 第三中频为 2.75 MHz 。在第三中频级中, 在到幅度解调器之前, 先选择性地通过一个 400 kHz 或 20 kHz 的带通滤波器。视频信号对数输出可以直接, 或者通过一个低通滤波器送到 Y 轴放大器。该放大器输出连到 CRT 的 Y 偏转板。

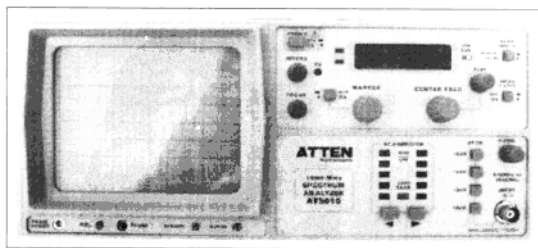


图 2-1 安泰 5010 频谱分析仪面板图

X 偏转是由斜波发生器电压所驱动。此电压与一直流电压合成后去控制第一本振。频谱仪扫描的频率范围取决于斜波的高度。扫

频由扫频宽度调节按键控制。在零扫频宽度模式时，只有直流电压去控制第一本振。图 2-1 所示的就是安泰 5010 频谱分析仪的面板图。

第三节 操作旋钮（按钮）

聚焦旋钮用于光点锐度调节。见图 2-2。

亮度调节旋钮用于光点亮暗调节。见图 2-3。

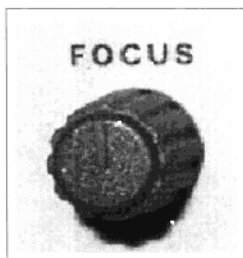


图 2-2 聚焦旋钮

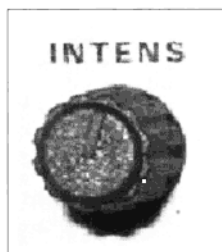


图 2-3 亮度调节旋钮

电源开关被按下后，频谱分析仪开始工作。见图 2-4。

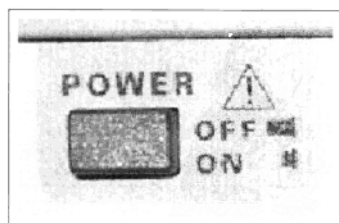


图 2-4 电源开关

即使有磁性（铍镍合金）屏蔽，地球磁场对水平扫描线的影响仍不可避免。

通过一个内装的电位器来调整轨迹，使水平扫描线与水平刻度线基本对齐。

轨迹旋钮见图 2-5。



图 2-5 轨迹旋钮

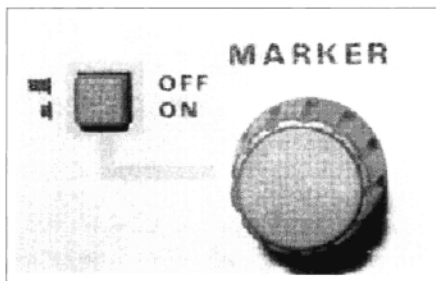


图 2-6 标记——通 ON / 断 OFF

当标记按钮（见图 2-6）置于 OFF（断）位置时，中心频率（CF）指示器发亮，此时显示器读出的是中心频率。当此开关在 ON（通）位置时，标记（MK）指示器发亮，此时显示器读出的是标记的频率。该标记在屏幕上是一个尖峰。标记频率可用标记（MARKER）旋钮来调节，它可重合到一根谱线上。

当数字显示读中心频率时，中心频率指示器亮。中心频率是指示波管上水平线中心处的频率。当标记按钮置 ON 时，标记指示器亮，此时显示器读出标记处的频率。

频谱仪面板上的 LED 闪亮时（见图 2-7）表示幅度值不正确。这是由于扫频宽度和中频滤波器设置不当而造成幅度降低所致。这种情况可能出现在扫频范围过大时 [相对于中频带宽（20 kHz），或视频滤波器

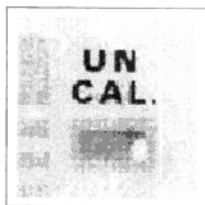


图 2-7 校准失效

带宽 (4 kHz)]。若要正确测量, 可以不用视频滤波器或者减小扫频宽度。

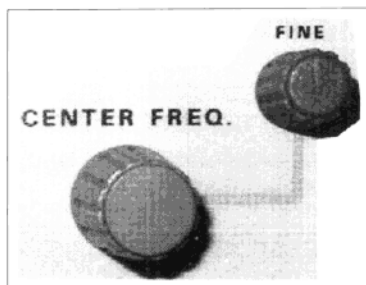


图 2-8 中心频率——粗/细调

中心频率——粗/细调 (图 2-8) 两旋钮均用于调节中心频率。中心频率是指显示在屏幕水平中心处的频率。

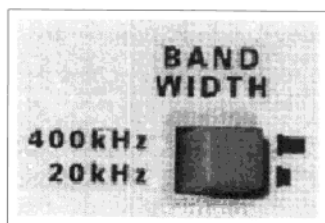


图 2-9 中频带宽选择

选择中频带宽在 400 kHz 或 20 kHz, 见图 2-9。选在 20 kHz 带宽时, 噪声电平降低, 选择性提高, 能分隔开频率更近的谱线。此时, 若扫频宽度过宽, 则由于需要更长的扫描时间, 从而造成信号过渡过程中信号幅度降低, 使测量不正确。此时“校准失效”LED 发亮表明这一点。

视频滤波器可用于降低屏幕上的噪声。它使得正常情况下, 平均噪声电平刚好高出其信号 (小信号) 谱线得以观察。该滤波器带