

FM 立体声广播中 S 信号的 38kHz 残留分量是 什么？如何测量？

度纬科技 Application Notes-072-V1.0

<https://www.doewe.com>

一、引言

在 FM 立体声广播系统中，S 信号的 38kHz 残留分量是指立体声复合信号 (MPX) 中未被完全抑制的 38kHz 副载波残余成分。该分量对主载波的调制会直接影响立体声分离度、音频信号纯净度及广播覆盖质量，是衡量 FM 发射机性能的关键指标之一。

根据国际电信联盟标准 ITU-R SM.1268-1 及中华人民共和国广播电影电视行业标准 GY/T 154-2000《调频广播发射机技术要求和测量方法》，FM 发射机的 38kHz 残留分量调制产物需控制在规定阈值内，适用于各级调频广播发射机的生产验收、日常运维及性能校准。

专业的调制分析仪（如 RWC2500A Plus）具备高精度 38kHz 残留分量测量功能，其低噪声本振设计 ($<-130\text{dBc}@1\text{GHz}$) 和高信噪比 (FM: 75dB Typ.) 可精准捕获微弱残留信号，为指标检测提供可靠技术支撑。精准控制 38kHz 残留分量对主载波的调制影响，是保障 FM 立体声广播信号质量的核心环节。

二、常见问题

1、残留分量超标：38kHz 残留分量过高会导致立体声分离度下降，出现左右声道

串扰。主要原因包括发射机立体声编码器滤波电路老化、平衡调整不当或 MPX 信号链路干扰。解决方案为校准编码器滤波参数、更换老化元件，并优化信号链路屏蔽设计。

2、测量准确性不足：普通测试设备难以区分 38kHz 残留分量与正常调制信号，易造成误判。需使用支持残留 38kHz 专项测量功能的专业设备，如 RWC2500A Plus，其具备专用测量模块和符合标准的算法模型。

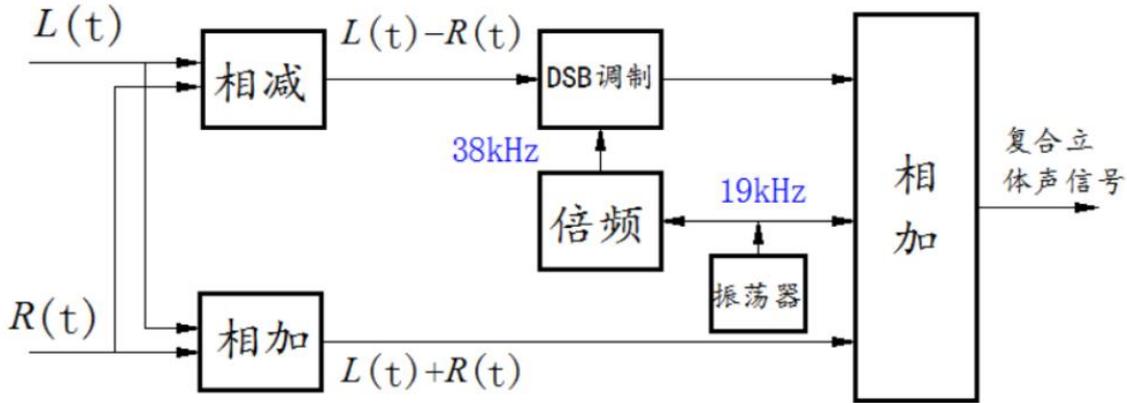
3、传统设备功能局限：行业早期使用的 FMAB 等设备缺乏 38kHz 残留分量精准测量功能，且操作复杂、已停产多年。RWC2500A Plus 专为 FM 广播测试设计，通过可视化界面直接显示残留分量调制比值，可替代传统设备。

4、环境与链路干扰：测试环境中的电磁干扰、射频链路阻抗不匹配会引入虚假残留信号。需确保测试环境屏蔽良好，射频线缆阻抗符合 50Ω 标准，并在测量前进行链路校准。

5、设备校准缺失：发射机长期运行会导致编码器、调制器性能漂移，测试设备自身精度衰减也会影响结果。应定期依据 GY/T 154-2000 标准校准发射机和测试设备，确保测量基准一致性。

三、测量原理及方法

基于 FM 立体声原理，复合立体声信号主要由三部分构成：M 信号 (L+R)、S 信号 (L-R) 及 19kHz 的导频信号。由下图可知，38kHz 信号仅作用于 S 信号，因此关闭导频，令左右声道反相，且加相同信号，此时立体声信号仅保留 S 信号。



标准中对 38kHz 的残留分量测试方法如下：

5.2.6 调制 s 信号的 38kHz 频率的残留分量对主载波的调制的测量

5.2.6.1 测量方框图如图 7 所示。

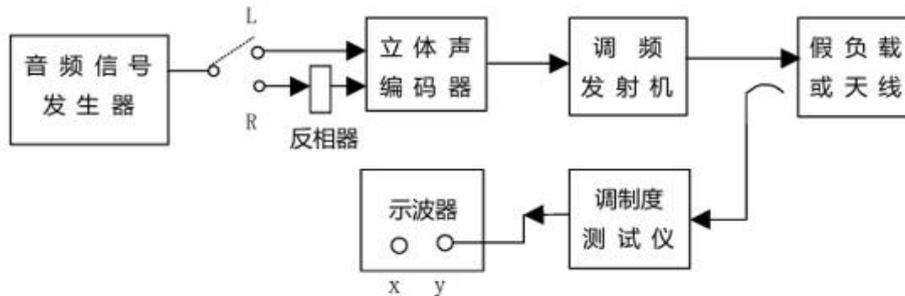


图 7 立体声广播调制 s 信号的 38kHz 频率的残留分量对主载波的调制的测量方框图

5.2.6.2 测量方法

a) 关掉导频信号，用 1kHz 信号同时加到编码器 L、R (经反相器，但不应有幅度变化) 的输入端，使调制为 90%。此时加到示波器 y 轴的信号是“s”信号 (M=0)，量出“s”信号的幅度 (峰-峰)；

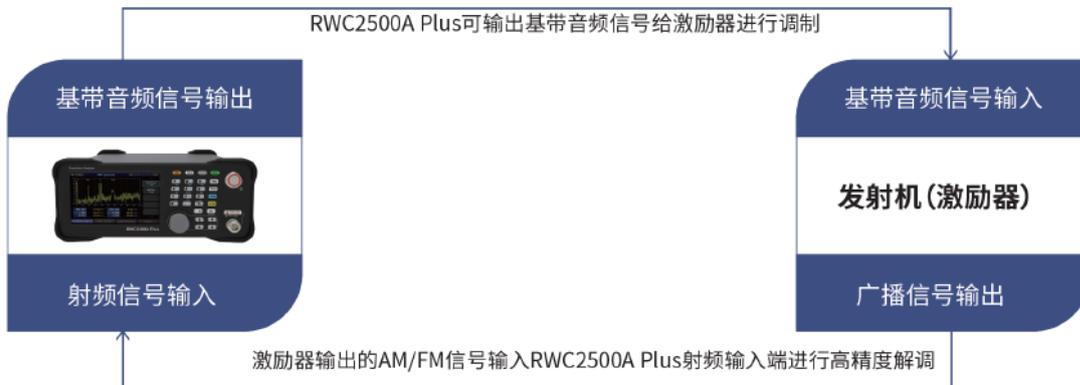
b) 去掉调制信号，此时示波器显示的就是残余副载波 (即泄漏量)，量出它的大小 (峰-峰)，按下式求出副载波的残余分量对主载波的调制度。

$$20\lg(E'/E) \quad (\text{dB})$$

式中： E' — 泄漏量幅度 (峰-峰)；
E — 已调 s 信号幅度 (峰-峰)。

本篇文章的测量方法使用的核心设备为 RWC2500A Plus，其 38kHz 的残留分量测试方法参考标准中测试方式，具体设备信息请查看 www.doewe.com。

3.1 设备连接



3.2 测试流程

RWC2500A Plus 具备调制分析模块，音频分析模块和基带音频信号输出模块，测量 38kHz 残留分量时我们需要使用基带音频信号输出模块以及调制分析模块，将基带音频信号输入到发射机的音频输入端口，在发射机调制为广播后将接过负载和 TEST 信号输入 RWC2500A Plus 的射频信号输入接口，使用调制分析模块进行分析。测试前按下 FREQ 按键设置中心频率，确保 RWC2500A Plus 与发射机频率一致，关闭发射机导频信号。

3.2.1 基带音频信号发生

1、使用 RWC2500A Plus 的基带音频信号发生模块时，首先可以在 Audio Generator 界面选择 Rear Port，在此界面可快速调整所需的音频输出接口（平衡/非平衡/数字），选择好之后进入下一步。

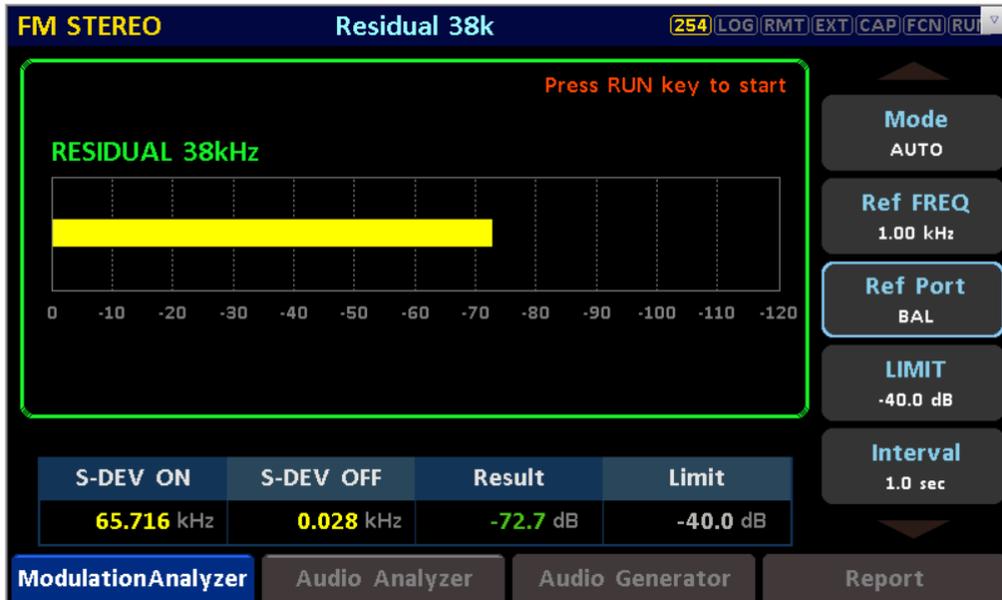


2、在此步骤中，用户可调节音频信号的电平和频率以及左右声道的同相反相，测试时调整左右声道反相以保留 S 信号，音频信号一般以 1kHz 为主。设置好频率之后可在此界面调整音频电平的大小，调整同时可观察到右上角，FM 模式下确保 FM DEV(L)(R)在 67.5kHz 左右。



3.2.2 音频分析

1、在 Modulation Analyzer 的上拉菜单中进入 Residual 38k 界面，在界面右侧 Mode 设置为 AUTO，REF FREQ 设置为 1kHz，Ref Port 根据连接接口选择 UNBAL/BAL/DIG，按下右侧按键区 RUN，等待几秒即可在 Result 处读取测试值。



四、核心设备：RWC2500A Plus

4.1 功能综述

RWC2500A Plus 是一款专业的广播调制分析仪，主要应用于 AM/FM 发射机测试，可单机实现射频参数、调制性能和音频层面的全面测试。

设备可实时解调 AM/FM（单声道和立体声），可测试载波功率、频率偏差、AM 调幅度、FM 频偏及导频信号相关参数。设备支持实时输出解调后的音频信号。设备可配置音频发生功能，可输出基带音频信号，支持左右声道电平和频率的独立设置，同时具备数字（平衡）及模拟（平衡及非平衡）音频输出接口。设备具有音频分析功能，可分析解调后的基带音频信号，支持频域和时域分析，可显示音频的频谱和波

形。

RWC2500A Plus 基于多功能的组合可直接分析广播发射机的关键指标例如：载波参数、音频失真度、音频信噪比、音频频率响应和立体声音频分离度等，单台仪器实现发射机的指标测试，从而满足广电行业广播发射机的测试需求。

4.2 产品特点

- 支持 AM/FM 高精度解调和参数分析，支持立体声调频；
- 完全替代行业经典产品 FMAB；
- 本振频率精度高达 1ppb, SNR: AM: 70dB(Typ.), FM: 75dB(Typ.);
- 可解调输出基带音频，支持平衡/非平衡/数字接口；
- 可实时测试显示射频频谱，解调后音频的频谱和波形；
- 支持音频分析，可测量失真度、信噪比、频率响应和分离度等；
- 支持音频发生，可输出单音或扫频信号，支持多种接口；
- 支持自定义测试项上下门限，超门限指标将实时提示；
- 支持测试结果总览和数据导出，一键生成报告；
- 彩色触摸屏及按键协同操作。

4.3 性能指标

射频性能	
频率范围	500kHz ~ 30MHz (AM), 76MHz ~ 108MHz(FM)
频率分辨率	1Hz
输入功率	-30dBm~30dBm(允许范围), -20dBm~20dBm(精确范围)
功率测量误差	<0.5dB, Typ
低噪声本地振荡器	<-130dBc@1GHz, Typ
10MHz参考信号稳定性	1 ppb, 老化<1×10 ⁻⁹ /天
频率测量误差@100MHz	<20Hz
音频性能	
参考音频输出频率范围	20Hz~20kHz
参考音频THD	<0.02%
参考音频频响	Max: ±0.1dB
去加重可选	50/75µs
左右通道电平差	≤0.1dB
测量信噪比	AM:70dB(典型值), FM:75dB (典型值)
测量隔离度	≥50dB
接口	
射频信号输入接口	1个N型 母头
解调音频输出接口	-平衡:2个卡农接口(左、右) -非平衡:2个BNC接口(左、右) -数字:1个BNC接口(AES/EBU)
基带音频输出接口	-平衡:2个卡农接口(左、右) -非平衡:2个BNC接口(左、右) -数字:1个BNC接口(AES/EBU)
10MHz参考时钟端口	-输入:1个BNC型(50Ω) -输出:1个BNC型(50Ω)
数字I/O	-局域网:RJ45 -RS232:USB-C型(VCOM)
其他指标	
显示器	5英寸LCD(800×400)
工作温度	5~40°C
尺寸	250×110×348mm
重量	5kg