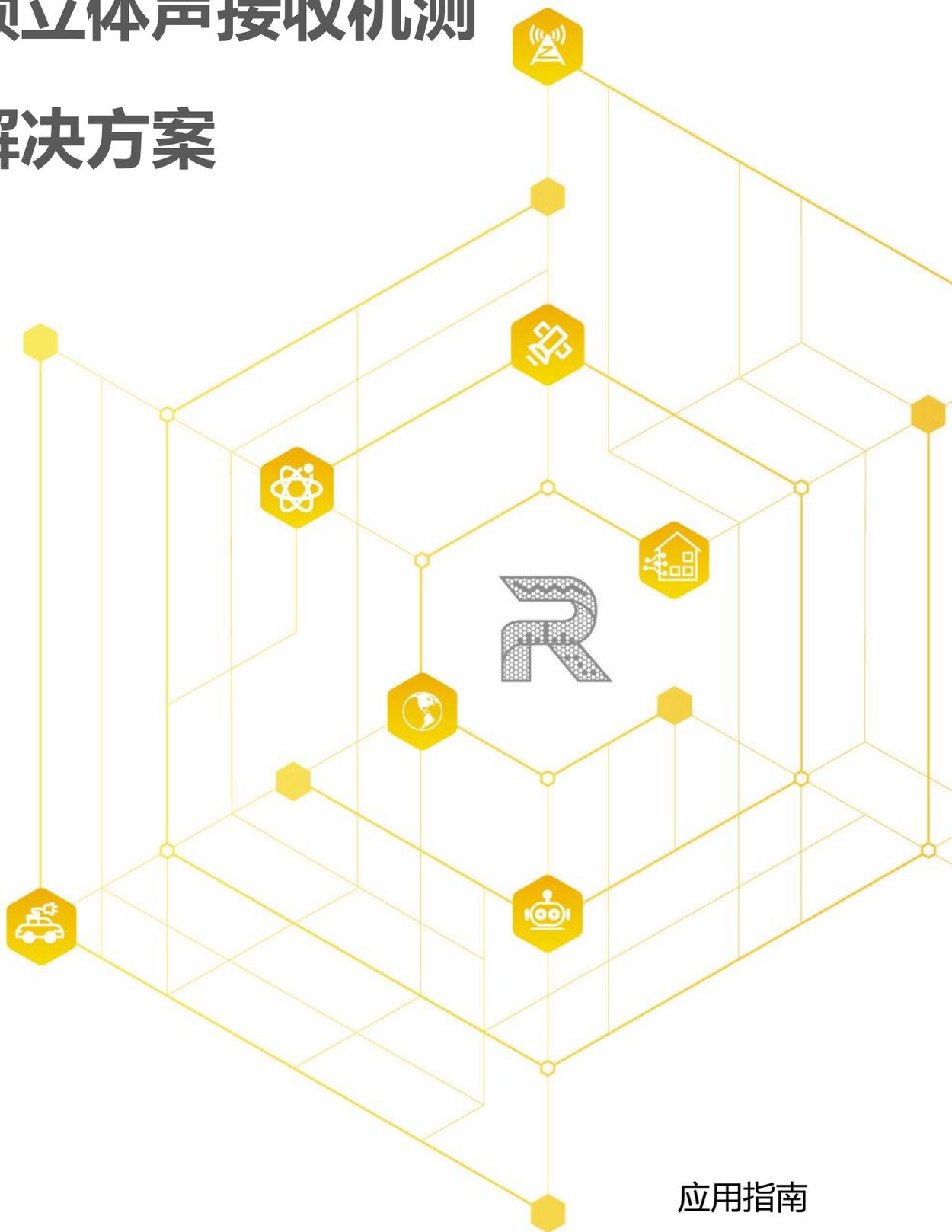




RIGOL

# 调频立体声接收机测试解决方案



应用指南

ANW01000-1220-0022

## 概览

调频立体声广播，即广播内容是具有立体感的声音。音响中的立体声技术是指具有一定程度的方位层次感等空间分布特性的重放声，即需要多个音源并且从不同方位播放，形成层次感。调频立体声广播从上世纪60年代开始发展，虽然历史悠久但仍在目前汽车中广泛应用，属于车载设备中的标准配置功能。本文将从调频广播、调频立体声在汽车电子中的应用，如何测试调频立体声接收机及RIGOL的推荐解决方案等方面，为您提供相关技术说明及解决方案。

## 调频及发展历史

通信广播的各种方式都要利用电磁波传送信息，把电磁波作为载体，以不同的方式把信息装载后发射出去，在接收端再以相应的方式把信息提取出来。

前一过程成为调制（Modulation），后一过程成为解调（Demodulation）。

调制（Modulation）按调制信号类型区分，可以分为模拟调制及数字调制。调频属于模拟调制的一种。

调频FM即英文单词frequency modulation的缩写，是通过要传递的信号波形（如调频广播的原始音频信号）控制被调制信号（载频，如107.5MHz广播载频）频率的一种调制方式；属于模拟调制的一种。

与之相类似的还有调幅AM，调相PM等。

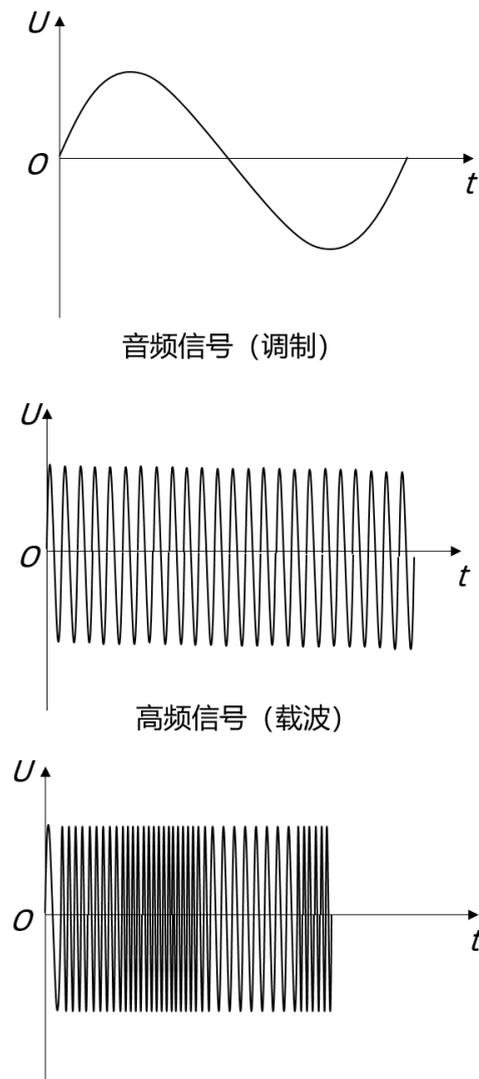


图1 调频FM的调制信号、被调制信号及调制结果示意图

调频FM在无线电广播的发展历史经历过多个阶段；

- 1935年在美国实验室证明调频FM是可以用来广播的一种调制方式，调频广播由此开始发展
- 1941年，美国开始在43MHz~50MHz波段进行调频广播，随后频率变为88MHz~108MHz
- 1958年开始双声道调频立体声广播，并在1961年，美国联邦通信委员会FCC决定采用AM-FM制（即导频制）为调频立体声广播制式，调频立体声至此在世界各地开始发展

- 随后，前苏联在1959年开始使用调频立体声广播，日本于1962年、西德于1963年开始使用；中国调频立体声广播于1979年在哈尔滨开播，在80年代中期全国开始普及



图2 早期使用广播收音机的场景

无线电广播从诞生后也迅速在其他行业如汽车行业发展壮大。

- 1930年，美国Galvin联合制造公司首先提供汽车安装收音机业务，收音机品牌为摩托罗拉。
- 1933年，英国Crossley克莱斯勒汽车公司首次推出装备收音机的量产车；
- 1952年德国蓝宝Blaupunkt公司推出了FM调频收音机，在FM收音机安上了汽车后，预示着汽车立体声音响的时代要到来了；
- 1955年，克莱斯勒公司的豪华轿车上首次提供了选装的全晶体管汽车收音机，汽车收音机进入到了半导体时代。



图3 汽车中使用的FM调频广播

### 调频及发展历史

立体声，就是指具有立体感的声音。具有一定程度的方位层次感等空间分布特性的重放声，称为音响技术中的立体声，即需要多个音频且从不同方位播放，形成层次感。

广播中立体声即原始音频分为L左声道及R右声道，调频广播需要将两个声道音频同时传输出去。且需兼容普通调频接收机无立体声效果。

为实现兼容性，调频立体声广播都保留单声道广播时传输的信号部分，即将左右声道“和”信号在基带的30Hz~15kHz范围传输，称为主信道；在主信道基础上，通过频谱搬移，在38kHz载波处调制左右声道“差”信号。在接收端经过解调后，恢复主信道及副信道，对副信道进行解调，恢复“差”信号后与“和”信号进行和差运算，最终恢复出左右声道原始信号。

对于副信道进行频谱搬移形成一个副载波，根据调制方式的不同，调频立体声广播便有不同的方式。

- FM-FM制，即对副信道“差”信号对38kHz副载波进行调频。被称为极化调制，一般是前苏联及东欧国家使用。
- AM-FM制，即对副信道“差”信号对38kHz副载波进行调幅。称为导频制，被欧、美、日、中国等世界大部分国家使用。

在导频制中，将“和”信号即L+R简称为M，把“差”信号即L-R简称为S，导频信号幅度为P，至此，完整的调频立体声基带复合信号表达式如下：

$$u_t = M + S \sin \omega_s t + P \sin \left( \frac{\omega_s}{2} \right) t$$

$\omega_s$ 为副信道载波频率38kHz

M为L+R

S为L-R

$P \sin(\omega_s/2)t$ 为导频信号，频率为19kHz

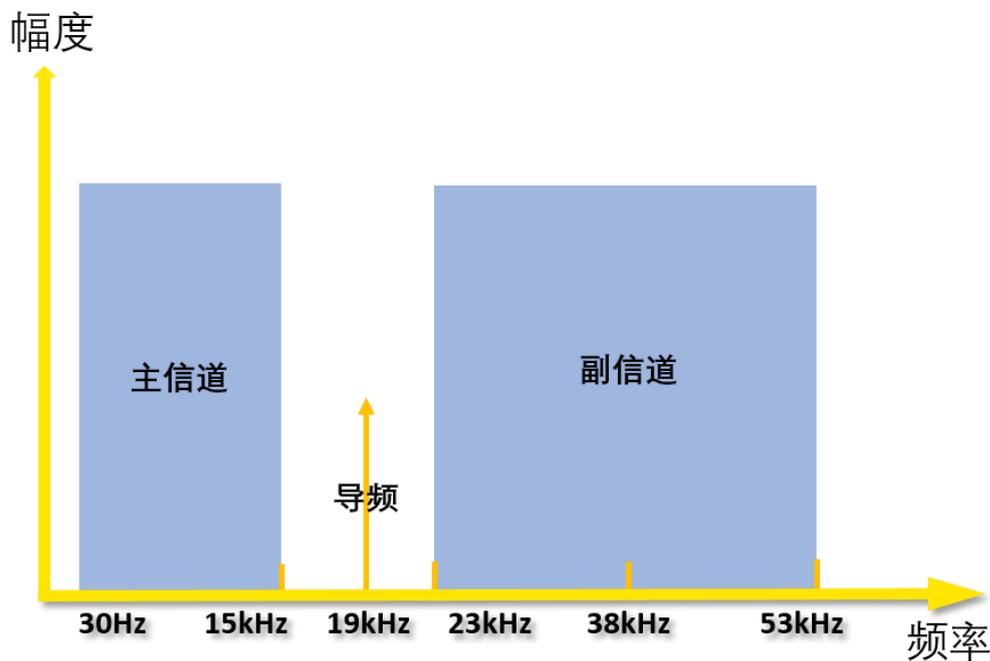


图4 导频制基带频谱

## 调频及发展历史

调频立体声的接收机测试不能使用常规的FM信号进行测试，必须使用专用的调频立体声信号发生器产生标准的立体声信号。根据当前国家标准（推荐）GB/T 6163-2011 《调频广播接收机测量方法》中介绍，对于调频立体声接收机测试，用于产生模拟调频立体声信号，涉及的仪器包括：

- 音频信号发生器：频率范围不少于30Hz~15kHz，谐波失真度 < 0.3%
- 立体声信号发生器：调制方式M、L、R、S、单音、导频；分离度 > 55dB (100Hz~4kHz) ， > 40dB (30Hz~15kHz)

- 射频/调频信号发生器：频率范围不窄于85MHz~110MHz，最好为38MHz~250MHz；  
调频功能：频偏范围0kHz~75kHz；支持内外调制源

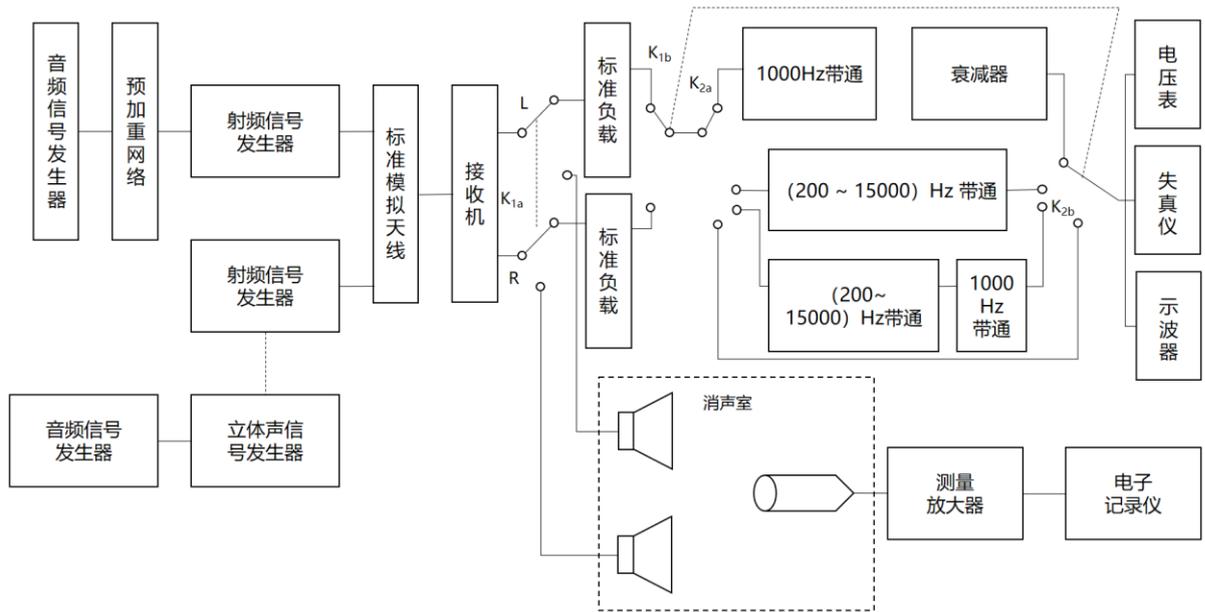


图5 调频立体声接收机测试原理图 出自GB/T 6163-2011 《调频广播接收机测量方法》第九页

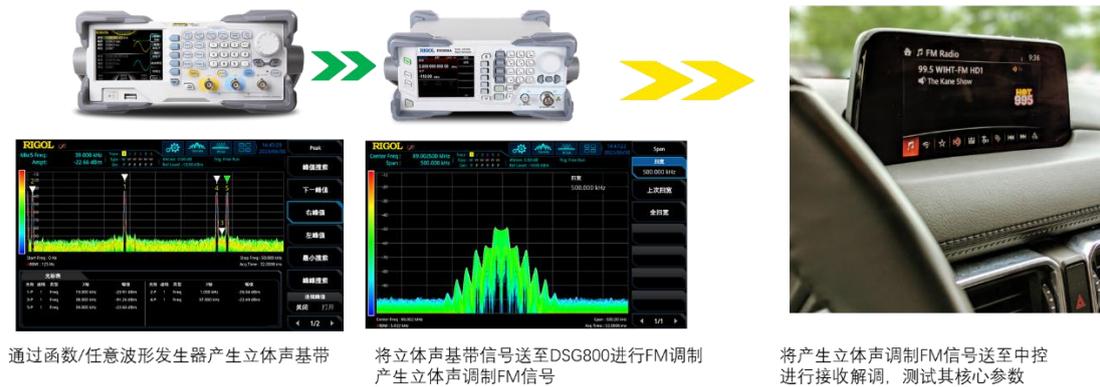
汽车电子研发生产厂商，为验证调频立体声广播接收设备是否能正常工作，需要使用信号发生器，产生模拟实际广播的调频立体声信号。

在之前，产生模拟实际广播的调频立体声的信号发生器一般是专用的信号发生器，可以产生普通的FM调频信号、AM调幅信号、导频制AM-FM调频立体声信号等，但由于该类产品研发生产年代集中在上世纪90年代，目前此类设备均面临设备老旧、产品停产、设备维护困难等问题。

## 解决方案

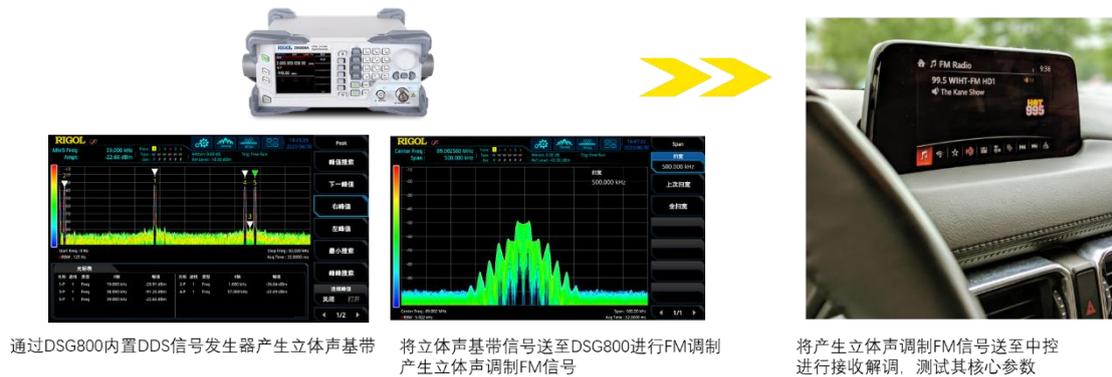
为改善目前汽车电子研发生产厂商所面临的产品替换问题，RIGOL推出相关产品及解决方案。

在研发测试阶段，可以通过函数/任意波形发生器产生可定制化的调频立体声基带信号，送至射频信号发生器进行FM调制以产生各种所需参数的FM调频立体声信号，送至车载中控或广播系统进行接收解调，测试其核心参数。



**图6 研发测试阶段较为灵活的FM立体声生成方案**

在生产阶段，为提高测试的效率，RIGOL推出集成调频立体声基带波表的DSG800Z系列射频信号源，集成有单左声道L立体声波表、单右声道R立体声波表等生产测试过程中主要测试功能，可以高效测试车载汽车广播收音设备的核心新能。



**图6 生产测试阶段更高效的FM立体声生成方案**

## 结论

RIGOL提供的解决方案可测试调频立体声功能单左/右声道的音频幅度、频率准确度，音频信号总谐波失真THD，信噪比SNR，信纳比SINAD，左右声道隔离度等性能参数。

DSG800系列射频信号发生器产生的模拟调频立体声信号调制质量高、基带信号失真度低，可确保调频立体声接收设备的测试结果准确。



图7 RIGOL射频源产品家族

RIGOL DSG800Z系列射频信号发生器基带采用DDS数字合成信号技术，产生低失真，范围广泛的音频基带及立体声基带。

主要核心性能参数相比此类专用信号发生器均有明显优势：

|            | RIGOL                                |   | 某品牌                      |   |
|------------|--------------------------------------|---|--------------------------|---|
|            | DSG800                               |   | 8195/8196                |   |
| 频率范围       | 9kHz~1.5/2.1/3.6GHz                  | √ | 100kHz~165MHz            |   |
| 频率分辨率      | 0.01Hz                               | √ | 100Hz                    |   |
| 频率精度       | ±2ppm<br>选件±5ppb                     | √ | ±5ppm                    |   |
| 电平范围       | -110dBm ~13dBm<br>可设置范围-110dBm~20dBm |   | -133dBm ~ 13dBm          | √ |
| 预加重        | OFF / 25us / 50us / 75us             |   | OFF / 25us / 50us / 75us |   |
| 立体声信号源     | 10Hz~100kHz                          | √ | 400Hz、1kHz               |   |
| DDS 立体声信号源 | 10Hz~100kHz                          | √ | 20Hz~15kHz(选件)           |   |

# 全面助力智慧世界和科技创新



- 📶 蜂窝-5G/WIFI
- 📍 UWB/RFID/ ZIGBEE
- 🔗 数字总线/以太网
- 📡 光通信

- 🧠 数字/模拟/射频芯片
- 📁 存储器及MCU芯片
- 🔌 第三代半导体
- ☀️ 太阳能光伏电池

- 🚗 新能源汽车
- ☀️ 光伏/逆变器
- 🔌 电源测试
- 🚗 汽车电子

## 为行业客户提供测试测量产品和解决方案

### RIGOL开放实验室

地址：北京、苏州、深圳、西安  
开放时间：工作日 9:00 am~6:00 pm  
预约方式：实验室工程师小源 18061921901  
实验室微信号 18061921901  
RIGOL客服热线：400-620-0002  
官网预约网址：  
<https://www.rigol.com/quote/Lab-appoint.html>

RIGOL®是普源精电科技股份有限公司的英文名称和商标。  
本文档中的产品信息可不经通知而变更，有关RIGOL最新的产品、应用、服务等方面的信息，请访问RIGOL官方网站：

[www.rigol.com](http://www.rigol.com)



RIGOL开放实验室微信号



RIGOL实验室视频号



RIGOL官方微信



RIGOL官网