



# 中华人民共和国国家计量检定规程

JJG 502—2004

---

## 合成信号发生器

Synthesized Signal Generators

2004-09-21 发布

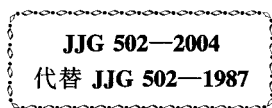
2005-03-21 实施

---

国家质量监督检验检疫总局 发布

# 合成信号发生器检定规程

**Verification Regulation of  
Synthesized Signal Generators**



---

本规程经国家质量监督检验检疫总局于 2004 年 09 月 21 日批准，并自 2005 年 03 月 21 日起施行。

**归口单位：**全国时间频率计量技术委员会

**起草单位：**中国计量科学研究院

本规程委托全国时间频率计量技术委员会负责解释

本规程起草人：

李黎明 （中国计量科学研究院）

张爱敏 （中国计量科学研究院）

# 目 录

1 范围	( 1 )
2 概述	( 1 )
3 计量性能要求	( 1 )
3.1 内部晶体振荡器	( 1 )
3.2 输出频率	( 1 )
3.3 频谱纯度	( 1 )
3.4 功率电平	( 1 )
3.5 调制	( 1 )
4 通用技术要求	( 2 )
4.1 外观标志	( 2 )
4.2 其他要求	( 2 )
5 计量器具控制	( 2 )
5.1 检定条件	( 2 )
5.2 检定项目及检定方法	( 4 )
5.3 检定结果的处理	( 10 )
5.4 检定周期	( 10 )
附录 A 检定证书 (内页) 格式	( 11 )
附录 B 检定结果通知书 (内页) 格式	( 16 )

# 合成信号发生器检定规程

## 1 范围

本规程适用于频率输出范围为 5kHz ~ 26.5GHz 的合成信号发生器的首次检定、后续检定和使用中检验。

## 2 概述

合成信号发生器（以下简称合成器）主要由晶体振荡器、频率合成单元、调制单元、电平控制单元组成。其输出信号的频率是通过对内部晶体振荡器频率进行算术运算获得，具有输出频率范围宽、频率分辨率高、频率稳定性和准确度高、频率转换速度快等特点，并具有良好的输出特性及多种调制功能。广泛应用于科研、生产、计量等部门。

## 3 计量性能要求<sup>①</sup>

### 3.1 内部晶体振荡器

开机特性： $10^{-6} \sim 10^{-11}$

日频率波动： $10^{-6} \sim 10^{-11}$

日老化率： $10^{-6} \sim 10^{-11}$

1s 频率稳定度： $10^{-6} \sim 10^{-12}$

频率复现性： $10^{-6} \sim 10^{-11}$

频率准确度： $10^{-5} \sim 10^{-10}$

### 3.2 输出频率：5kHz ~ 26.5GHz

### 3.3 频谱纯度

3.3.1 单边带相位噪声： $(-60 \sim -135)$  dBc/Hz (载频 500MHz，频偏 10kHz)

3.3.2 谐波抑制与分谐波抑制： $< -25$  dBc

3.3.3 非谐波抑制： $< -50$  dBc

3.3.4 剩余调频： $< 50$  Hz 检波带宽(0.05 ~ 15) kHz

3.3.5 剩余调幅： $< 1\%$  检波带宽(0.05 ~ 15) kHz

### 3.4 功率电平

3.4.1 功率电平输出范围： $+30$  dBm ~  $-127$  dBm

3.4.2 功率电平最大允许误差：优于  $\pm 2$  dB

### 3.5 调制

#### 3.5.1 幅度调制

调幅深度范围：5% ~ 99%

<sup>①</sup> 检定时计量性能要求以被检合成器说明书的技术指标为准。

调幅深度最大允许误差：优于  $\pm 15\%$

调幅失真： $< 10\%$

伴随调频： $< 300\text{Hz}$

### 3.5.2 频率调制

调频频偏范围： $(0 \sim 400)\text{kHz}$

调频频偏最大允许误差：优于  $\pm 15\%$

调频失真： $< 10\%$

伴随调幅： $< 3\%$

### 3.5.3 相位调制

调相相偏范围： $(0 \sim 400)\text{rad}$


调相相偏最大允许误差：优于  $\pm 15\%$

调相失真： $< 10\%$

伴随调幅： $< 3\%$

## 4 通用技术要求

### 4.1 外观标志

合成器的前面板或后面板上应具有仪器名称、仪器型号、制造厂、仪器出厂序号、 标记及电源要求。

### 4.2 其他要求

4.2.1 合成器的开关、旋钮、按键、输入输出端口应有明确识别标志。

4.2.2 仪器送检时附件应齐全，要备有仪器使用说明书，后续检定还需带有前次检定的检定证书及最后一次对晶振进行全面检定的证书。

## 5 计量器具控制

计量器具控制包括首次检定、后续检定和使用中检验。

### 5.1 检定条件

#### 5.1.1 检定用设备

##### 5.1.1.1 参考频率标准

输出频率： $1\text{MHz}$ 、 $5\text{MHz}$ 、 $10\text{MHz}$

频率稳定度：优于被检晶体振荡器频率稳定度的 3 倍

其他技术指标：优于被检晶体振荡器相应技术指标的 10 倍

##### 5.1.1.2 通用电子计数器

频率测量范围：覆盖被检合成器频率输出范围

频率分辨率：高于或等于被检合成器的频率分辨率

有外接频标功能。

##### 5.1.1.3 频标比对器

测量不确定度：优于被检晶体振荡器频率稳定度的 3 倍

##### 5.1.1.4 频谱分析仪

频率测量范围：覆盖被检信号 3 次谐波频率

动态范围： $\geq 100\text{dB}$

频率响应：优于  $\pm 3.5\text{dB}$

#### 5.1.1.5 相位噪声测量系统

工作频率范围：覆盖被检合成器频率输出范围

傅立叶频率测量范围： $1\text{Hz} \sim 1\text{MHz}$

本底噪声：优于被检合成器相应噪声  $10\text{dB}$

相位噪声测量最大允许误差： $\pm 2\text{dB}$

#### 5.1.1.6 参考信号源

频率输出范围：满足相位噪声测量系统的要求

功率电平最大稳幅输出：满足相位噪声测量系统的要求

相位噪声：优于被检合成器相位噪声  $10\text{dB}$

有电调输入端口。

#### 5.1.1.7 测量接收机

工作频率范围：覆盖被检合成器频率输出范围

功率电平的测量范围：覆盖被检合成器功率电平输出范围

功率电平测量最大允许误差：优于被检合成器相应技术指标的 3 倍

功率电平测量分辨力：高于或等于被检合成器功率电平的分辨力

#### 5.1.1.8 功率计

工作频率范围：覆盖被检合成器输出频率范围

功率测量范围： $+30\text{dBm} \sim -60\text{dBm}$

功率电平测量最大允许误差：优于被检合成器相应技术指标的 3 倍

功率电平分辨力：应高于或等于被检合成器输出功率电平的分辨力

#### 5.1.1.9 调制度分析仪

工作频率范围：覆盖被检合成器频率输出范围

调制参数测量范围：覆盖被检合成器相应调制参数的输出范围

调制参数测量最大允许误差：优于被检合成器相应技术指标的 3 倍

调制参数分辨力：高于或等于被检合成器相应调制参数的分辨力

#### 5.1.1.10 失真度测量仪

工作频率范围： $20\text{Hz} \sim 100\text{kHz}$

失真度测量范围： $0.01\% \sim 100\%$

失真度测量最大允许误差： $\pm 10\%$

5.1.1.11 所有接头与连接线的频率特性与功率损耗应满足测量要求，并注意阻抗匹配。

#### 5.1.2 检定环境条件

在原始记录和检定证书中应注明检定时的环境温度和湿度。

5.1.2.1 环境温度：可处于  $(15 \sim 30)^\circ\text{C}$  范围内任一点，但检定过程中环境温度的变化不得超过  $\pm 2^\circ\text{C}$ ，且不应有温度跳变。

5.1.2.2 环境相对湿度： $\leq 80\%$

5.1.2.3 周围无影响仪器正常工作的电磁干扰和机械振动

5.1.2.4 交流电源电压： $220(1 \pm 5\%)V$

## 5.2 检定项目及检定方法

5.2.1 检定项目见表 1。

表 1 检定项目一览表

项 目 名 称			首次检定	后续检定	使用中检验
外观及工作正常性检查			+	+	+
内部晶体 振荡器	频率准确度		+	+	+
	其他项目		+	-	-
合成频率			+	+	+
频谱纯度	单边带相位噪声		+	+	+
	谐波抑制与分谐波抑制		+	+	+
	非谐波抑制		+	+	+
	剩余调频		+	-	-
	剩余调幅		+	-	-
功率电平	最大稳幅输出		+	+	+
	输出功率电平误差		+	+	+
调制	幅度调制	调幅深度	+	+	+
		调幅失真	+	+	+
		伴随调频	+	-	-
	频率调制	调频频偏	+	+	+
		调频失真	+	+	+
		伴随调幅	+	-	-
	相位调制	调相相偏	+	-	-
		调相失真	+	-	-
		伴随调幅	+	-	-
注：1. “+”为应检项目，“-”为可不检项目；					
2. 修理后检定项目与首次检定项目相同；					
3. 检定时以被检合成器说明书的技术要求为准。					

5.2.2 所有检定用设备均需按各自技术说明书规定的时间预热。

5.2.3 外观及工作正常性检查

5.2.3.1 被检合成器不应有影响正常工作及读数的机械损伤，各项标识应清晰完整，



输入输出插座应牢靠，按键及旋钮应能正常动作并接触良好。

5.2.3.2 仪器通电后状态正常，显示器能正常显示。达到规定预热时间后各输出端有相应信号输出，各项功能检查正常。有自检功能的，应能通过自检。

#### 5.2.4 内部晶体振荡器的检定

##### 5.2.4.1 首次检定

内部晶体振荡器的检定按照 JJG 180—2002《电子测量仪器内石英晶体振荡器检定规程》进行。注意使用上述规程的现行有效版本。

将结果记录于附录 A 表 1。

##### 5.2.4.2 后续检定和使用中检验

内部晶体振荡器可只检频率准确度一项（对晶振的计量性能或测量数据有疑义，及用户要求全面检定的除外）。开机 1 小时后测量。

在检定结果中给出的频率准确度数据，不能优于该晶振在此前最后一次经全面测试后，检定证书中给出的频率准确度量级。当测得结果低于计量性能要求，对被检晶振频率值调整后，给出的检定结果也应以上述全面检定结果量级为限。

将结果记录于附录 A 表 1。

#### 5.2.5 合成频率的检定

按图 1 连接仪器。使被检合成器与电子计数器用同一参考频率标准。

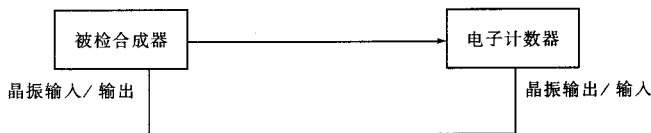


图 1

被检合成器设置为载波工作状态，并选取适当输出功率电平值，使电子计数器正常工作。电子计数器取样时间的选取，应使电子计数器与合成器的显示位数相同。被检合成器输出频率按合成器说明书要求选取。如无规定，被测频率应不少于 15 个，选取方法如下：

确定合成器以最高分辨率显示其最高输出频率值的位数  $W$ 。选取一频率值使其满足下列条件：由  $(W-1)$  位数构成，每一位数均置为 1，且与最高频率值的末位及小数点对齐，频率单位一致。

例：最高频率 1279.999 999 9 MHz 位数  $W=11$

选取频率 111.111 111 1 MHz 由  $(W-1=10)$  位数构成

将该值作为频率步进值，递增 8 次，得到 9 个频率点；加上合成器输出频率低端、高端值；再适当补充几点以兼顾各频段。

用电子计数器依次测量相应频率值。

测量结果应满足：合成器显示输出频率 = 电子计数器显示频率

或合成器显示输出频率 = 电子计数器显示频率  $\pm 1$  个字

将测量结果记录于附录 A 表 2。

### 5.2.6 频谱纯度的检定

#### 5.2.6.1 单边带相位噪声

按图 2 连接仪器。被检合成器的输出端与参考信号源的输出端分别与相位噪声测量系统的信号输入端和参考输入端连接。相位噪声测量系统输出的电调信号接至参考信号源的电调输入端。

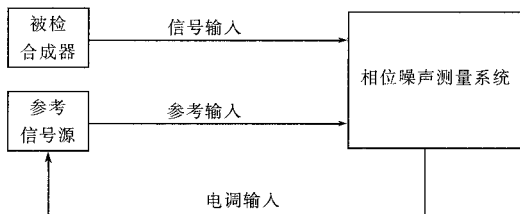


图 2

参考信号源的输出频率和功率电平，被检合成器的输出功率电平均需满足相位噪声测量系统的要求。

被检合成器设置为载波工作状态。功率电平，载频及傅立叶频偏按被检合成器说明书要求选取。如无规定，载频在其输出范围内按高中低原则选取 3 点，相对每一个载频，傅立叶频偏  $f$  选择 10Hz、100Hz、1kHz、10kHz、100kHz、1MHz 6 点。

系统闭环锁定后，测量偏离载频规定频偏  $f$  处的单边带相位噪声  $\mathcal{L}(f)$ 。

将测量结果记录于附录 A 表 3，或给出单边带相位噪声测量曲线。

#### 5.2.6.2 谐波抑制与分谐波抑制

按图 3 连接仪器。

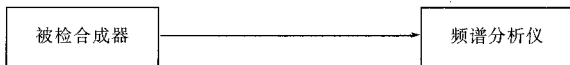


图 3

调整频谱分析仪的输入衰减器至适当位置，使之能承受合成器的最大稳幅输出而不过载。

被检合成器设置为载波工作状态。功率电平、载频、谐波次数  $n$  及分谐波次数  $m$  按合成器说明书要求选取。如无规定，置功率电平为最大稳幅输出，载频按高中低原则选 6 点，谐波取 2 次、3 次，分谐波取 1/2 次、1/3 次。相对选定的载频，频谱分析仪分别测量其基波频率处、规定的  $n$  次谐波频率处、规定的  $m$  次分谐波频率处的功率电平

$P_1$ ,  $P_n$ ,  $P_m$ 。

$n$  次谐波抑制  $H_n$  按公式 (1) 计算。

$$H_n = P_n - P_1 \quad (1)$$

$m$  次分谐波抑制  $S_m$  按公式 (2) 计算。

$$S_m = P_m - P_1 \quad (2)$$

将计算结果记录于附录 A 表 4。

#### 5.2.6.3 非谐波抑制

按图 3 连接仪器。

被检合成器设置为载波工作状态。功率电平, 载频, 偏离载频的频偏值及频偏范围按被检合成器说明书要求选取。如无规定, 置功率电平为 0dBm, 载频在其输出范围内按高中低原则选取 3 点, 频偏范围选 10kHz 以远。频谱分析仪测量相应的载波功率电平  $P_1$  及偏离载频规定频偏范围内最大的非谐波功率电平  $P_N$ 。

非谐波抑制  $N$  按公式 (3) 计算:

$$N = P_N - P_1 \quad (3)$$

将计算结果记录于附录 A 表 5。

#### 5.2.6.4 剩余调频

按图 4 连接仪器。



图 4

被检合成器设置为载波工作状态。载频、功率电平和调制度分析仪检波带宽按合成器说明书要求选取。如无规定, 合成器功率电平选最大稳幅输出, 载频在其输出范围内按高中低原则选取 3 点。调制度分析仪检波带宽选 (0.3 ~ 3) kHz 和 (0.05 ~ 15) kHz, 测量频偏有效值或平均值。

将测量结果记录于附录 A 表 6。

#### 5.2.6.5 剩余调幅

按图 4 连接仪器。

被检合成器设置为载波工作状态。载频、功率电平和调制度分析仪检波带宽按合成器说明书要求选取。如无规定, 合成器功率电平选最大稳幅输出, 载频在其输出范围内按高中低原则选取 3 点。调制度分析仪检波带宽选 (0.3 ~ 3) kHz 和 (0.05 ~ 15) kHz, 测量调幅深度有效值或平均值。

将测量结果记录于附录 A 表 7。

#### 5.2.7 功率电平的检定

##### 5.2.7.1 最大稳幅输出

按图 5 连接仪器。



图 5

被检合成器设置为载波工作状态。功率电平选最大稳幅输出，检定的频率点不少于 5 个，选取在输出频率范围内较均匀分布的点。若指标分频段给出，则每个频段选 2 个频率点。用功率计或测量接收机测量相应功率电平值。

将测量结果记录于附录 A 表 8。

#### 5.2.7.2 输出功率电平误差

按图 6 连接仪器。

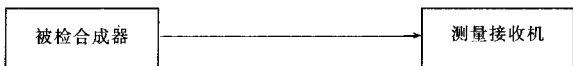


图 6

被检合成器设置为载波工作状态。载频、功率电平及衰减步进值按说明书要求选取。无规定时，功率电平置为 0dBm。检定的频率点不少于 5 个（选取在输出频率范围内较均匀分布的点）。在每个检定频率点，合成器以 10dB 作为步进值衰减，直至被检合成器输出功率电平下限。在功率电平输出高端适当补充 1 至 2 点及最大稳幅输出。测量接收机依次测量相应功率电平值。

输出功率电平误差  $\Delta P_a$  按公式 (4) 计算：

$$\Delta P_a = P_0 - P_a \quad (4)$$

式中： $P_0$ ——输出功率电平标称值；

$P_a$ ——输出功率电平实测值。

将计算结果记录于附录 A 表 9。

#### 5.2.8 调制的检定

##### 5.2.8.1 幅度调制的检定

###### (1) 调幅深度

按图 4 连接仪器。

被检合成器设置为内调幅工作状态。载频、功率电平、调制频率、调幅深度及调制度分析仪的检波带宽按合成器说明书要求设置。如无规定，输出载频不少于 3 个（在其频率输出范围内较均匀分布），功率电平为 0dBm，调制频率选 1kHz 和 400Hz 两点，调幅深度在其输出范围内按高中低原则选取 3 点。检波带宽选 (0.05 ~ 15) kHz。

用调制度分析仪测量调幅深度，取正负峰值的平均值。

将测量结果记录于附录 A 表 10。

###### (2) 调幅失真

按图 7 连接仪器。被检合成器的输出信号接至调制度分析仪的输入端，调制度分析

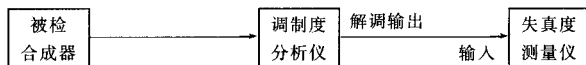


图 7

仪的解调输出接至失真度测量仪的输入端。

被检合成器设置同 (1)。

用失真度测量仪测量调幅失真。

将测量结果记录于附录 A 表 10。

### (3) 幅度调制的伴随调频

按图 4 连接仪器。

被检合成器设置为内调幅工作状态。载频、功率电平、调制频率、调幅深度及调制度分析仪的检波带宽按合成器说明书要求设置。如无规定, 合成器载频在其输出范围内按高中低原则选取 3 点, 置功率电平 0dBm, 调制频率 1kHz, 调幅深度 30%。检波带宽选 (0.05 ~ 15) kHz。

用调制度分析仪测量频偏峰值。

将测量结果记录于附录 A 表 11。

## 5.2.8.2 频率调制的检定

### (1) 调频频偏

按图 4 连接仪器。

被检合成器设置为内调频工作状态。载频、功率电平、调制频率、调频频偏及调制度分析仪的检波带宽按合成器说明书要求设置。如无规定, 输出载频不少于 3 个 (在其频率输出范围内较均匀分布), 功率电平为 0dBm, 调制频率选 1kHz 和 400Hz 两点, 调频频偏在其输出范围内按高中低原则选取 3 点。检波带宽选 (0.05 ~ 15) kHz。

用调制度分析仪测量调频频偏, 取正负峰值的平均值。

将测量结果记录于附录 A 表 12。

### (2) 调频失真

按图 7 连接仪器。

被检合成器设置同 (1)。

用失真度测量仪测量调频失真。

将测量结果记录于附录 A 表 12。

### (3) 频率调制的伴随调幅

按图 4 连接仪器。

被检合成器设置为内调频工作状态。载频、功率电平、调制频率、调频频偏及调制度分析仪的检波带宽按合成器说明书要求设置。如无规定, 合成器载频在其输出范围内按高中低原则选取 3 点, 置功率电平 0dBm, 调制频率 1kHz, 调频频偏选最大频偏的 1/2。检波带宽选 (0.05 ~ 15) kHz。

用调制度分析仪测量调幅深度峰值。

将测量结果记录于附录 A 表 13。

#### 5.2.8.3 相位调制的检定

##### (1) 调相相偏

按图 4 连接仪器。

被检合成器设置为内调相工作状态。载频、功率电平、调制频率、调相相偏及调制度分析仪的检波带宽按合成器说明书要求设置。如无规定，输出载频不少于 3 个（在其频率输出范围内较均匀分布），功率电平为 0dBm，调制频率选 1kHz 和 400Hz 两点，调相相偏在其输出范围内按高中低原则选取 3 点。检波带宽选 (0.05 ~ 15) kHz。

用调制度分析仪测量调相相偏，取正负峰值的平均值。

将测量结果记录于附录 A 表 14。

##### (2) 调相失真

按图 7 连接仪器。

被检合成器设置同 (1)。

用失真度测量仪测量调相失真。

将测量结果记录于附录 A 表 14。

##### (3) 相位调制的伴随调幅

被检合成器设置为内调相工作状态。载频、功率电平、调制频率、调相相偏及调制度分析仪的检波带宽按合成器说明书要求设置。如无规定，合成器载频在其输出范围内按高中低原则选取 3 点，置功率电平 0dBm，调制频率 1kHz，调相相偏选最大相偏的 1/2。检波带宽选 (0.05 ~ 15) kHz。

用调制度分析仪测量调幅深度峰值。

将测量结果记录于附录 A 表 15。

#### 5.3 检定结果的处理

按本规程要求检定合格的合成器，出具检定证书；检定不合格的，出具检定结果通知书，并注明不合格项目。

#### 5.4 检定周期

合成器的检定周期一般不超过 1 年。

## 附录 A

## 检定证书（内页）格式

表 1 内部晶体振荡器

检 定 项 目	检 定 结 果
开机特性	
日频率波动	
日老化率	
1s 频率稳定度	
频率复现性	
频率准确度	

表 2 合成频率

标 称 值	实 测 值
最低频率	
最高频率	

表 3 单边带相位噪声

载波 频率	$\mathcal{L}(f)$ dBc/Hz					
	频偏 $f = 10\text{Hz}$	100Hz	1kHz	10kHz	100kHz	1MHz
频率 1						
频率 2						
频率 3						
频率 4						

表 4 谐波抑制和分谐波抑制

载波频率	谐波抑制/dBc		分谐波抑制/dBc	
	2 次	3 次	1/2 次	1/3 次

表 5 非谐波抑制

载波频率	频偏	非谐波抑制/dBc

表 6 剩余调频

载波频率	剩余调频/Hz	
	带宽(0.3 ~ 3)kHz	带宽(0.05 ~ 15)kHz

表 7 剩余调幅

载波频率	剩余调幅/(%)	
	带宽(0.3 ~ 3)kHz	带宽(0.05 ~ 15)kHz



表 8 功率电平最大稳幅输出

载波频率	功率电平/dBm	
	标称值	实测值

表 9 输出功率电平误差

功率电平/dBm	误差/dB				
	频率 1	频率 2	频率 3	频率 4	频率 5
最大稳幅输出					
0					
- 10					
- 20					
- 30					
- 40					
- 50					
- 60					
- 70					
- 80					
- 90					
- 100					
下限					

表 10 调幅深度和调幅失真

载波频率	调制频率	调幅深度/(%)		调幅失真/(%)
		标称值	实测值	

表 11 幅度调制的伴随调频

载波频率	调制频率	调幅深度/(%)	伴随调频/Hz

表 12 调频频偏和调频失真

载波频率	调制频率	调频频偏/kHz		调频失真/(%)
		标称值	实测值	

表 13 频率调制的伴随调幅

载波频率	调制频率	调频频偏/kHz	伴随调幅/(%)

表 14 调相相偏和调相失真

载波频率	调制频率	调相相偏/rad		调相失真/(%)
		标称值	实测值	

表 15 相位调制的伴随调幅

载波频率	调制频率	调相相偏/rad	伴随调幅/(%)

## 附录 B

### 检定结果通知书（内页）格式

内容格式同附录 A。

注明不合格项目。