

# AP5002A 微波模拟信号发生器

9 kHz 至 12、20 或 26 GHz



# 定义和条件

下文中的技术指标描述了仪器经过 30 分钟预热后在  $23 \pm 5^\circ\text{C}$  条件下能够保证的性能（另有说明的除外）。

**最小值 / 最大值：**指产品设计和 / 或经过生产测试后能保证的参数范围。保证的性能参数含有余量，把预期的统计性能分布、测量不确定度以及受环境条件影响发生的性能变化都考虑在内。

**典型值：**预期的平均值，非保证性能。

## 技术指标

### 频率参数 / 范围

| 参数                              | 最小值                   | 典型值               | 最大值               | 备注                                     |
|---------------------------------|-----------------------|-------------------|-------------------|----------------------------------------|
| 频率范围                            | 9 kHz                 |                   | 12.0 GHz          | AP5002A-512                            |
|                                 | 9 kHz                 |                   | 20.0 GHz          | AP5002A-520                            |
|                                 | 9 kHz                 |                   | 26.0 GHz          | AP5002A-526                            |
| 分辨率                             |                       | 0.001 Hz          |                   |                                        |
| 相位分辨率                           |                       | 0.1°              |                   |                                        |
| 频率 / 幅度稳定时间                     |                       | 200 $\mu\text{s}$ | 300 $\mu\text{s}$ |                                        |
| 内部参考频率                          |                       | 100 MHz           |                   |                                        |
| 内部参考的初始准确度                      |                       |                   | $\pm 40$ ppb      | 校准时温度为 $23 \pm 3^\circ\text{C}$        |
| 温度稳定度 (0 至 $50^\circ\text{C}$ ) |                       |                   | $\pm 100$ ppb     |                                        |
| 第 1 年老化率                        |                       | 0.5 ppm           |                   |                                        |
| 日老化率 (运行 30 天后)                 |                       |                   | 5 ppb             |                                        |
| 预热时间                            |                       | 5 分钟              |                   |                                        |
| 内部参考输出                          | 10 MHz                |                   | 100 MHz           | 10 MHz 和 100 MHz 参考输出均可在 REF OUT 端口提供。 |
| 输出功率                            |                       | 0 dBm             |                   |                                        |
| 输出阻抗                            |                       | 50 $\Omega$       |                   |                                        |
| 旁路内部参考输入                        | 100 MHz, -5 至 +10 dBm |                   |                   | 高相位同步模式                                |
| 相位锁定至外部参考                       |                       |                   |                   |                                        |
| 外部输入范围                          | 1 MHz                 |                   | 250 MHz           | 用户可编程                                  |
| 参考输入电平                          | -5 dBm                | 0 dBm             | +13 dBm           |                                        |
| 锁定范围                            |                       |                   | $\pm 1.5$ ppm     |                                        |
| 参考输入阻抗                          |                       | 50 $\Omega$       |                   |                                        |

# 电平性能

| 参数                                                                     | 最小值                     | 典型值                    | 最大值                     | 备注                      |
|------------------------------------------------------------------------|-------------------------|------------------------|-------------------------|-------------------------|
| 功率电平                                                                   |                         |                        |                         |                         |
| 标配                                                                     | -20 dBm                 |                        | +15 dBm                 | 9 kHz 至 26 GHz          |
| 选件 1E1                                                                 | -120 dBm                |                        | +15 dBm                 | 9 kHz 至 26 GHz          |
| 选件 1EA                                                                 | -20 dBm                 |                        | +15 dBm                 | 9 kHz 至 100 kHz         |
|                                                                        | -20 dBm                 |                        | +20 dBm                 | 100 kHz 至 10 MHz        |
|                                                                        | -20 dBm                 |                        | +23 dBm                 | 10 MHz 至 7.5 GHz        |
|                                                                        | -20 dBm                 |                        | +20 dBm                 | 7.5 至 20 GHz            |
|                                                                        | -20 dBm                 |                        | +18 dBm                 | 20 至 24 GHz             |
|                                                                        | -20 dBm                 |                        | +14 dBm                 | 24 至 26 GHz             |
|                                                                        | -120 dBm                |                        | +15 dBm                 | 9 kHz 至 100 kHz         |
| 选件 1E1 和 1EA                                                           | -120 dBm                |                        | +20 dBm                 | 100 kHz 至 10 MHz        |
|                                                                        | -120 dBm                |                        | +23 dBm                 | 10 MHz 至 7.5 GHz        |
|                                                                        | -120 dBm                |                        | +20 dBm                 | 7.5 至 20 GHz            |
|                                                                        | -120 dBm                |                        | +18 dBm                 | 20 至 24 GHz             |
|                                                                        | -120 dBm                |                        | +14 dBm                 | 24 至 26 GHz             |
|                                                                        | -120 dBm                |                        | +14 dBm                 | 24 至 26 GHz             |
| 分辨率                                                                    |                         | 0.01 dB                |                         |                         |
| 电平不确定度（ALC 开启，平坦度校正：多达 2,000 点，温度影响：0.015 dB/°C（典型值）（在 0 至 45 °C 范围内）） |                         |                        |                         |                         |
| 功率范围                                                                   | >+15 dBm 至 $P_{max}$    | -15 至 +15 dBm          | -70 至 -15 dBm           | < -70 dBm               |
| 9 kHz 至 10 GHz                                                         | ±1.6 dB, ±0.8 dB<br>典型值 | ±1.0 dB, 0.3 dB<br>典型值 | ±1.5 dB, ±0.4 dB<br>典型值 | ±1.8 dB, ±0.5 dB<br>典型值 |
| 10 GHz 至 $f_{max}$                                                     | ±1.6 dB, ±0.8 dB<br>典型值 | ±1.0 dB, 0.3 dB<br>典型值 | ±1.5 dB, ±0.4 dB<br>典型值 | ±2.0 dB, ±0.5 dB<br>典型值 |

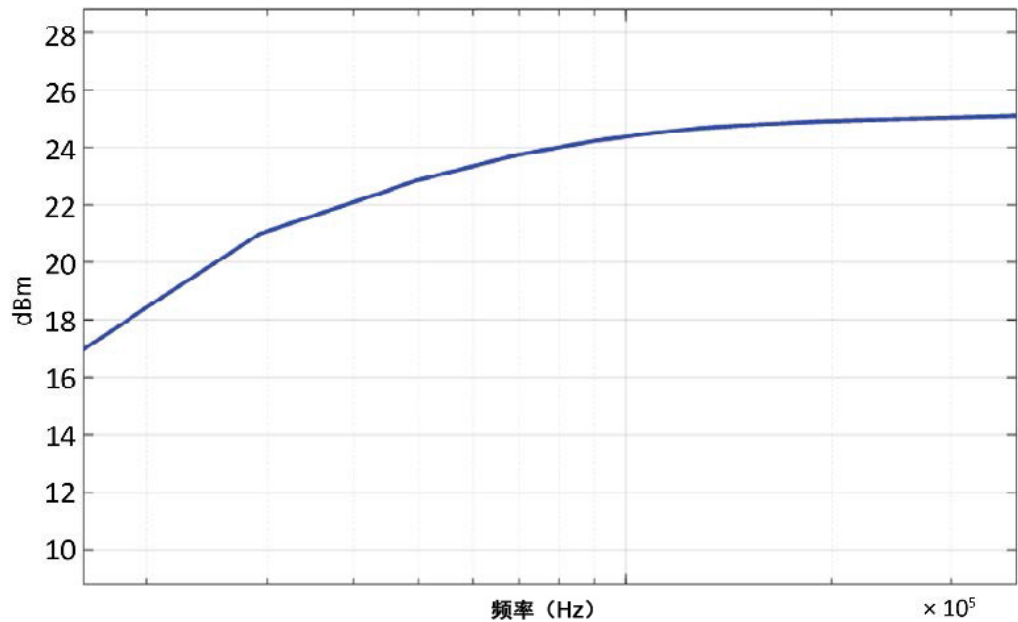


图 1. 典型的最大输出功率，9 kHz 至 1 MHz，配有选件 1EA

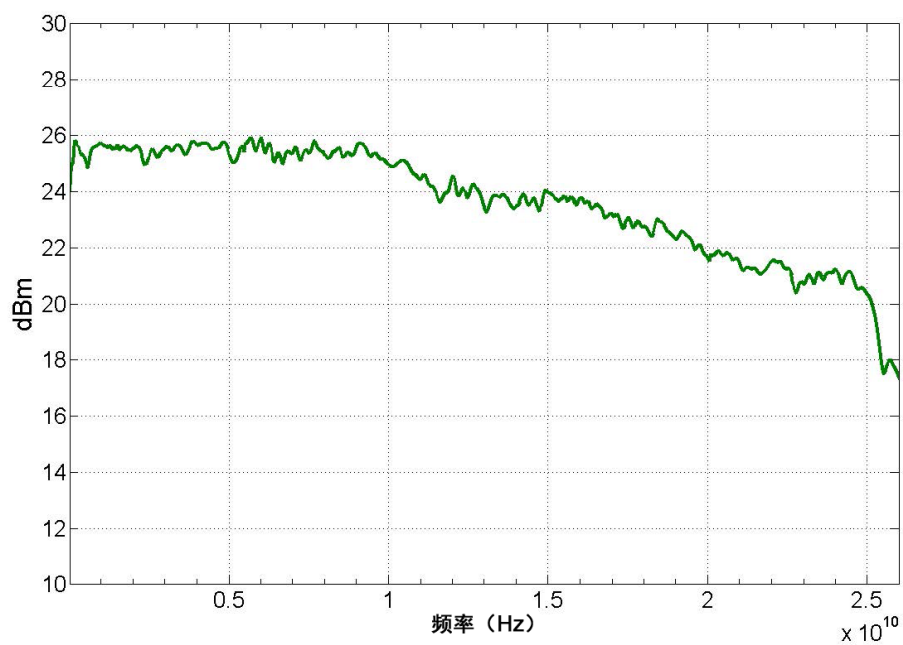


图 2. 典型的最大输出功率，100 kHz 至 26 GHz，配有选项 1EA

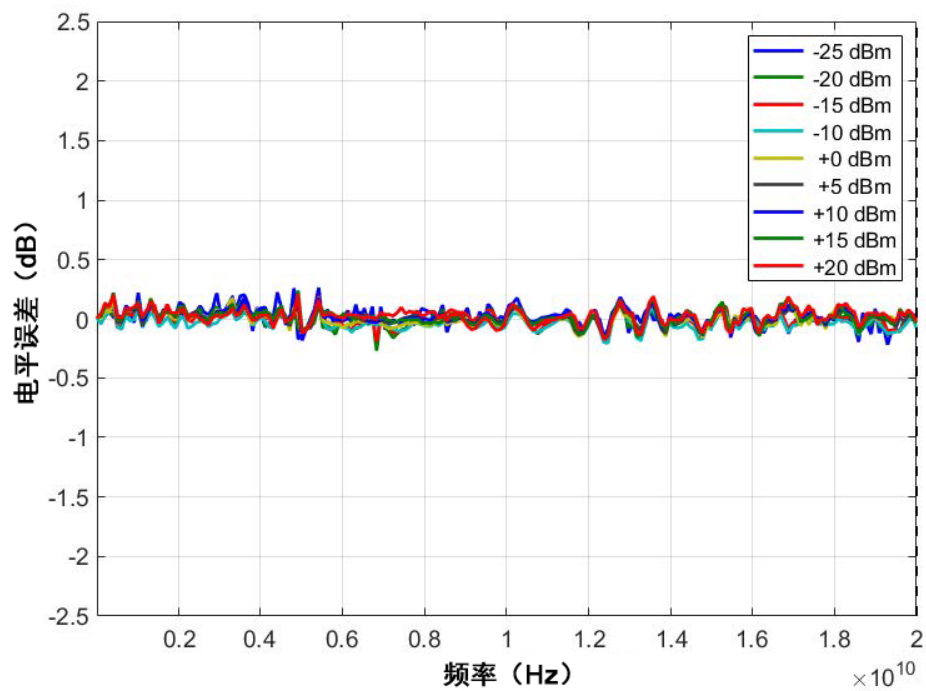


图 3. 典型的频率响应，0 至 20 GHz，-20、0 和 +20 dBm

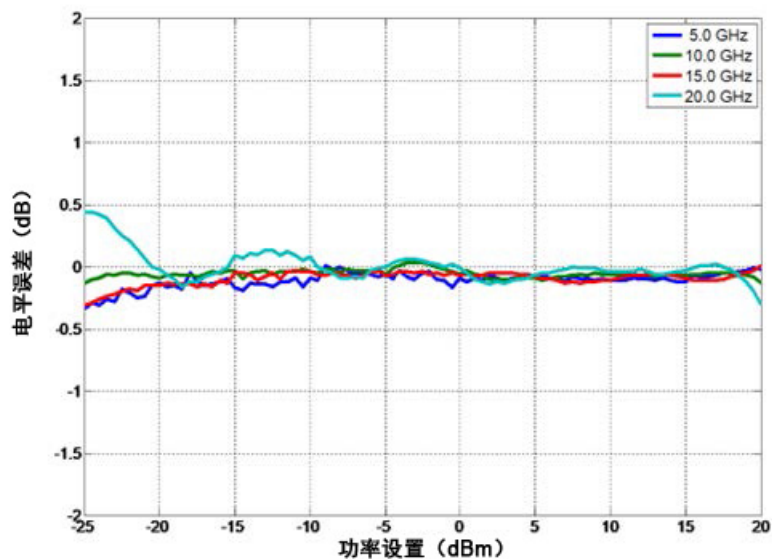


图 4. 绝对功率电平误差，0 至 20 GHz，-20、0 和 +20 dBm

## 反向功率保护和驻波比

| 参数            | 最小值 | 典型值         | 最大值     | 备注       |
|---------------|-----|-------------|---------|----------|
| <b>反向功率保护</b> |     |             |         |          |
| 直流电压          |     |             | 5 V     |          |
| 射频功率          |     |             | +27 dBm |          |
| 输出阻抗          |     | 50 $\Omega$ |         |          |
| 驻波比           |     | 1.5         |         | < 20 GHz |
|               |     | 2.0         |         | > 20 GHz |

## 相位噪声

| 参数                   | 最小值 | 典型值         | 最大值         | 备注 |
|----------------------|-----|-------------|-------------|----|
| <b>单边带相位噪声</b>       |     |             |             |    |
| 1 GHz 频率，10 Hz 频偏    |     | -80 dBc/Hz  | -77 dBc/Hz  |    |
| 1 GHz 频率，20 kHz 频偏   |     | -130 dBc/Hz | -128 dBc/Hz |    |
| 1 GHz 频率，100 kHz 频偏  |     | -131 dBc/Hz | -129 dBc/Hz |    |
| 4 GHz 频率，10 Hz 频偏    |     | -68 dBc/Hz  | -65 dBc/Hz  |    |
| 4 GHz 频率，20 kHz 频偏   |     | -118 dBc/Hz | -116 dBc/Hz |    |
| 4 GHz 频率，100 kHz 频偏  |     | -119 dBc/Hz | -117 dBc/Hz |    |
| 20 GHz 频率，10 Hz 频偏   |     | -51 dBc/Hz  | -48 dBc/Hz  |    |
| 20 GHz 频率，20 kHz 频偏  |     | -104 dBc/Hz | -102 dBc/Hz |    |
| 20 GHz 频率，100 kHz 频偏 |     | -104 dBc/Hz | -100 dBc/Hz |    |
| 宽带噪声                 |     | -150 dBc/Hz |             |    |
| 频率为 10 GHz 时的幅度噪声    |     | -130 dBc/Hz |             |    |

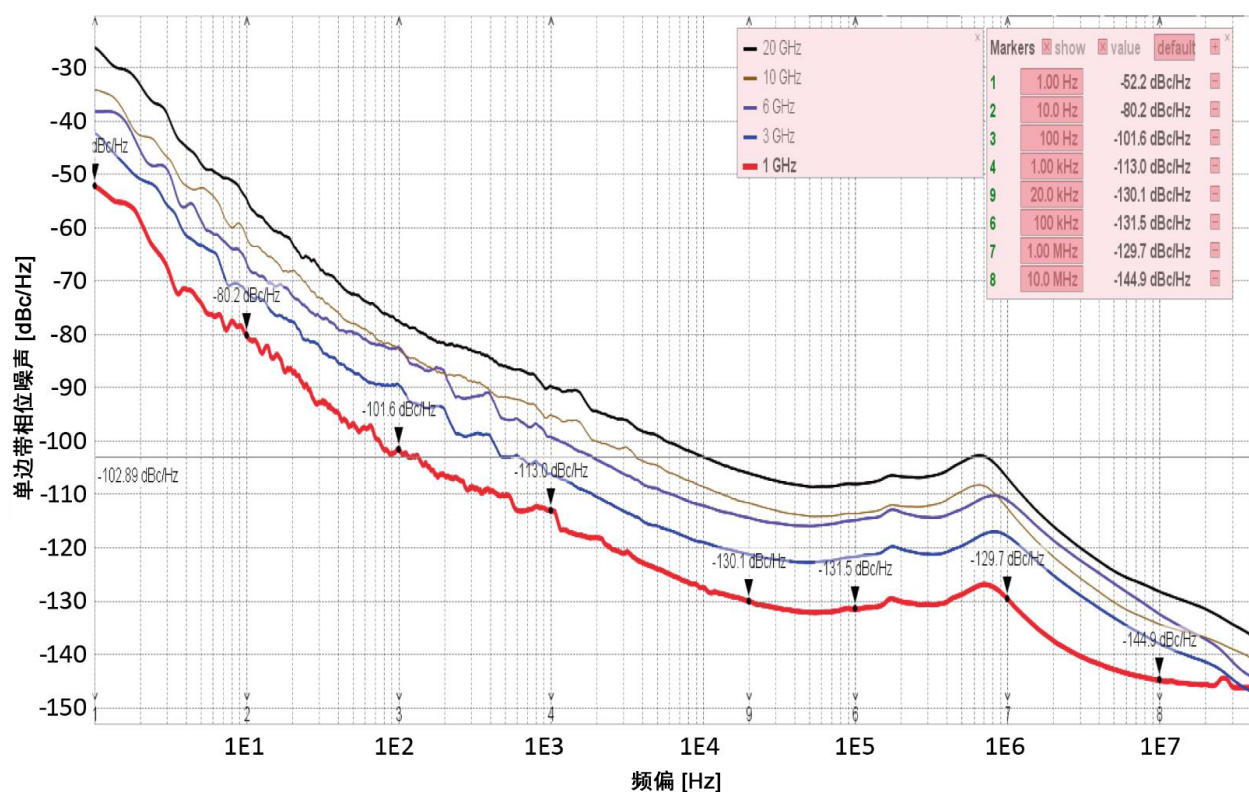


图 5. 在不同频率和 1 Hz 至 100 MHz 频偏时的典型相位噪声

## 频谱纯度

| 参数                             | 最小值 | 典型值     | 最大值     | 备注                                |
|--------------------------------|-----|---------|---------|-----------------------------------|
| 输出谐波                           |     | -40 dBc | -30 dBc | $P_{out} = +5$ dBm                |
| 次谐波                            |     | -75 dBc | -65 dBc | < 20 GHz                          |
|                                |     | -50 dBc | -40 dBc | > 20 GHz                          |
| 非谐波杂散 (载波 +10 dBm, > 3 kHz 频偏) |     |         |         |                                   |
| < 312 MHz                      |     | -80 dBc | -66 dBc |                                   |
| > 312 至 625 MHz                |     | -75 dBc | -70 dBc |                                   |
| > 625 MHz 至 1.5 GHz            |     | -75 dBc | -65 dBc |                                   |
| > 1.5 至 2.5 GHz                |     | -70 dBc | -65 dBc |                                   |
| > 2.5 至 5 GHz                  |     | -65 dBc | -60 dBc |                                   |
| > 5 至 10 GHz                   |     | -60 dBc | -55 dBc |                                   |
| > 10 至 20 GHz                  |     | -55 dBc | -50 dBc |                                   |
| > 20 GHz                       |     | -50 dBc | -45 dBc |                                   |
| 10 GHz 时的残余调频                  |     | 15 Hz   |         | 0.3 kHz 至 3 kHz, 加权, (ITU-T), RMS |
| 10 GHz 时的残余调幅                  |     | 0.02%   |         | RMS 值 (0.01 kHz 至 15 kHz)         |

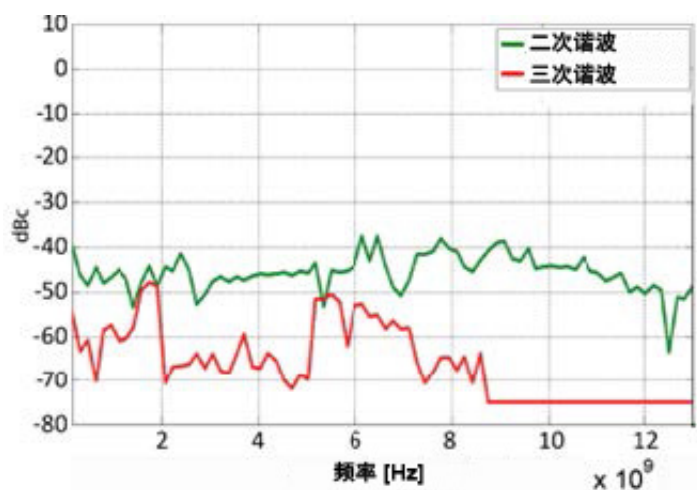


图 6. 典型谐波

## 扫频功能

扫描可以结合内部或外部调幅 / 调频 / 调相 / 脉冲调制一起执行。启用调制后，最小步进时间增加到 2 ms。

| 参数                              | 最小值         | 典型值            | 最大值         | 备注 |
|---------------------------------|-------------|----------------|-------------|----|
| 数字功率 / 频率 / 列表扫描（扫描类型：线性、对数、随机） |             |                |             |    |
| 步进时间 ( $t_{step}$ )             | 400 $\mu$ s |                | 19998 s     |    |
| 驻留时间 ( $t_{dwell}$ )            | 10 $\mu$ s  |                | 9999 s      |    |
| 关闭时间（含瞬态时间） ( $t_{off}$ )       | 0           |                | 9999 s      |    |
| 瞬态时间 ( $t_{inv}$ )              |             |                | 270 $\mu$ s |    |
| 计时时延 ( $t_{de}$ )               |             | 2 至 10 $\mu$ s |             |    |
| 时间分辨率                           |             | 0.1 $\mu$ s    |             |    |
| 每个点的计时准确度                       |             | 3 $\mu$ s      |             |    |

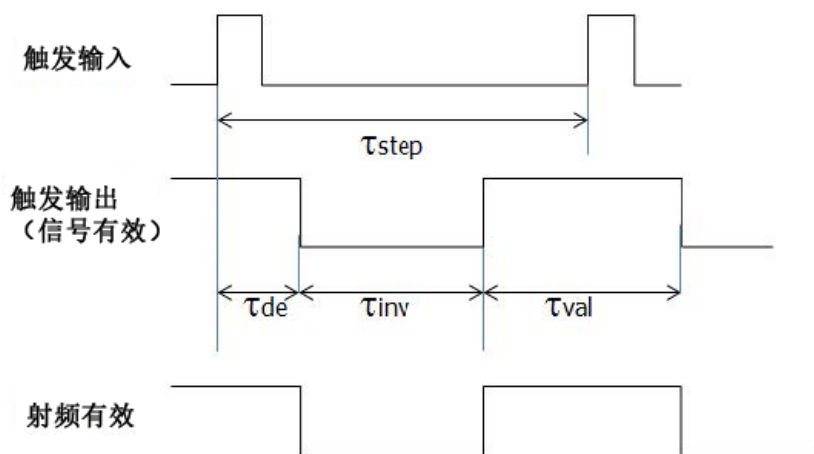


图 7. 计时图

## 调制功能

除了频率调制和相位调制不能组合之外，其他调制类型（频率调制、相位调制、幅度调制和脉冲调制）都可以同时启用。例如，幅度调制和频率调制可以同时运行，并且会对输出射频信号进行调制。

| 参数            | 最小值                       | 典型值           | 最大值                     | 备注                                                                                                        |
|---------------|---------------------------|---------------|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>脉冲调制</b>   |                           |               |                         |                                                                                                           |
| 通 / 断比        |                           | 75 dB<br>典型值  |                         | 在 +10 dBm 时                                                                                               |
| 重复频率          | 直流                        |               | 10 MHz                  |                                                                                                           |
| 脉宽            | 100 ns<br>500 ns          |               | 5 s<br>5 s              | ALC 关闭<br>ALC 开启                                                                                          |
| 脉冲上升时间 / 下降时间 |                           | 30 ns<br>5 ns |                         | < 5 GHz<br>> 5 GHz                                                                                        |
| 占空比           | 0.05%                     |               | 99.95%                  |                                                                                                           |
| 脉冲分辨率         |                           | 30 ns         |                         |                                                                                                           |
| 极性            |                           | 可以选择          |                         |                                                                                                           |
| 外部输入阈值        | 0.85 V                    | 0.9 V         | 0.95 V                  | TTL 兼容                                                                                                    |
| 外部输入电压范围      | -0.5 V                    |               | +5.5 V                  | TTL 兼容                                                                                                    |
| 外部输入滞后        |                           | 60 mV         |                         |                                                                                                           |
| 时延（到射频）       |                           | 20 ns         | 40 ns                   |                                                                                                           |
| <b>脉冲码型调制</b> |                           |               |                         |                                                                                                           |
| 脉冲比特宽度        | 100 ns<br>500 ns          |               |                         | ALC 关闭<br>ALC 开启                                                                                          |
| 可编程的码型长度      | 2                         |               | 4096                    |                                                                                                           |
| 占空比           | 0.05%                     |               | 99.95%                  |                                                                                                           |
| 脉冲比特分辨率       |                           | 30 ns         |                         |                                                                                                           |
| 极性            |                           | 可以选择          |                         |                                                                                                           |
| <b>频率调制</b>   |                           |               |                         |                                                                                                           |
| 最大频率偏差（峰值）    | 0<br>0                    |               | 0.05 x f<br>N x 200 MHz | < 0.5 GHz<br>0.5 至 2.5 GHz (N=0.125)<br>2.5 至 5 GHz (N=0.25)<br>5 至 10 GHz (N=0.5)<br>> 10 至 26 GHz (N=1) |
| 偏差准确度         |                           | 0.5%<br>2%    | 2%<br>5%                | < 100 kHz 速率<br>> 100 kHz 速率                                                                              |
| 失真            |                           | < 1%          |                         | 1 kHz 速率, 50 kHz 偏差                                                                                       |
| 调制速率          | 直流                        |               | 100 kHz                 | > -3 dB 频率响应                                                                                              |
| 调制波形          | 正弦波、三角波、移频键               |               |                         |                                                                                                           |
| 外部输入灵敏度       | 0 至 N x 200 MHz / V, 交流耦合 |               |                         | 可针对 $\pm 1$ V 范围进行调整                                                                                      |
|               | 0 至 N x 100 MHz / V, 直流耦合 |               |                         | 离散值; $\pm 5$ V 范围                                                                                         |
| 总谐波失真         | < 1%                      |               |                         | 1 kHz 速率和 N x 1 MHz 偏差                                                                                    |

| 参数                                      | 最小值                        | 典型值  | 最大值         | 备注                                         |
|-----------------------------------------|----------------------------|------|-------------|--------------------------------------------|
| 线性调频（线性斜坡，向上 / 向下）                      |                            |      |             |                                            |
| 扫宽                                      | 10%                        |      |             | 占载频的百分比                                    |
| 线性调频时间（ $t_{chirp}$ ）                   | 10 ns                      |      | 60 s        |                                            |
| 斜率                                      |                            |      | 100 MHz/μs  |                                            |
| 有限重复线性调频的总持续时间<br>（ $t_{chirp}$ x 重复次数） |                            |      | 64.1 s      |                                            |
| 频率数量                                    |                            |      | 65,000      |                                            |
| 相位调制                                    |                            |      |             |                                            |
| 相位偏差（峰值）                                | 0                          |      | N x 300 rad |                                            |
| 调制速率                                    | 直流                         |      | 100 kHz     | > -3 dB 频率响应<br>最大相位偏差在 20 kHz<br>调制速率以上减小 |
| 调制波形                                    | 正弦波、三角波、移频键                |      |             |                                            |
| 外部输入灵敏度                                 | 可设置为 0.1 rad/V 至 360 rad/V |      |             |                                            |
| 总谐波失真                                   | < 1%                       |      |             | 1 kHz 速率和 N x 100 rad 偏差                   |
| 幅度调制                                    |                            |      |             |                                            |
| 调制速率                                    | 0.1 Hz                     |      | 50 kHz      |                                            |
| 调制深度                                    | 0%                         |      | 100%        | 可设置                                        |
| 调制波形                                    | 正弦波、三角波、方波                 |      |             |                                            |
| 准确度（f>10 MHz）                           |                            | 0.8% | 1.4%        | F 载波，调制深度 < 80%，<br>1 kHz 调制速率，功率 0 dBm    |
| 失真（f>10 MHz）                            |                            | 1%   | 2%          |                                            |
| 外部输入范围                                  | 0 V                        |      | 5 V         | 至接地                                        |

## 多用途输出 (FUNC OUT)

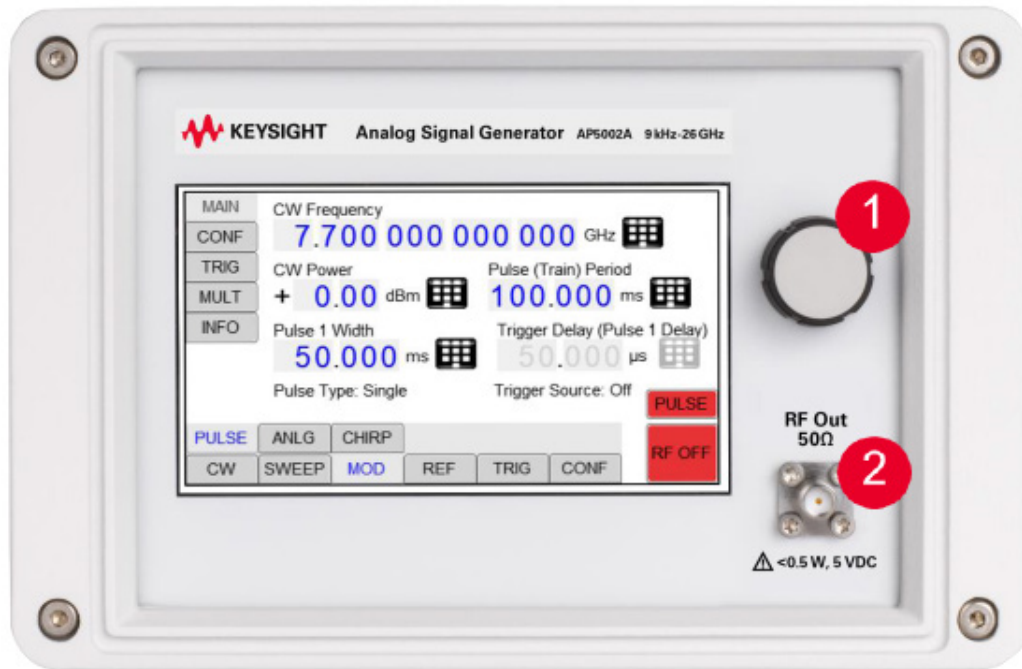
| 参数                  | 最小值      | 典型值         | 最大值    | 备注               |
|---------------------|----------|-------------|--------|------------------|
| 多功能发生器 (正弦波、三角波、方波) |          |             |        |                  |
| 频率范围                | 10 Hz    |             | 3 MHz  | 正弦波              |
|                     | 10 Hz    |             | 1 MHz  | 三角波              |
|                     | 10 Hz    |             | 50 kHz | 方波               |
| 频率分辨率               |          | 0.1 Hz      |        |                  |
| 输出电压幅度峰峰值           | 10 mV    |             | 2 V    | 正弦波、三角波          |
|                     |          | 5V          |        | 方波 (CMOS 输出)     |
| 谐波失真                |          | 1%          |        | < 100 kHz, 1 Vpp |
| 输出阻抗                |          | 50 $\Omega$ |        | 正弦波、三角波          |
|                     |          | CMOS        |        | 方波               |
| (内部脉冲调制器) 视频输出      |          |             |        |                  |
| 输出                  |          | CMOS        |        |                  |
| 周期                  | 30 ns    |             | 50 s   |                  |
| 脉宽                  | 15 ns    |             | 50 s   |                  |
| 射频时延                |          | 10 ns       |        |                  |
| 触发输出 (多源同步模式)       |          |             |        |                  |
| 模式                  | 在扫描开始时触发 |             |        |                  |
|                     | 在每个点触发   |             |        |                  |

## 触发 (TRIG IN)

| 参数         | 最小值                 | 典型值       | 最大值    | 备注             |
|------------|---------------------|-----------|--------|----------------|
| 触发类型       | 连续、单次、门控、方向性门控      |           |        |                |
| 触发源        | 射频键、外部、总线 (LAN、USB) |           |        |                |
| 触发模式       | 连续自由运行、触发并运行、重置并运行  |           |        |                |
| 触发延迟       |                     | 2 $\mu$ s |        |                |
| 触发不确定度     |                     | 5 $\mu$ s |        |                |
| 外部触发时延     | 50 $\mu$ s          |           | 40 s   | 可编程            |
| 外部时延分辨率    |                     | 15 ns     |        |                |
| 触发模        | 1                   |           | 255    | 仅在第 N 个触发事件时执行 |
| 触发极性       | 上升、下降               |           |        |                |
| 外部触发输入阈值   | 0.85 V              | 0.9 V     | 0.95 V | TTL 兼容         |
| 外部触发输入电压范围 | -0.5 V              |           | +5.5 V | TTL 兼容         |
| 外部触发输入滞后   |                     | 60 mV     |        |                |

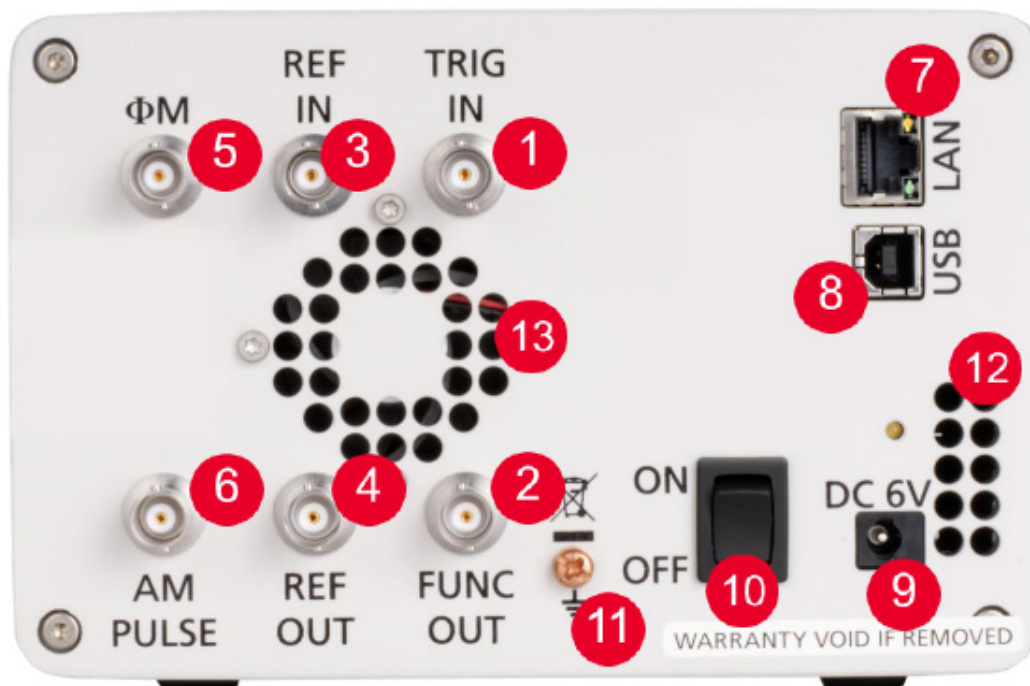
# 连接器

## 前视图



1. **旋钮** 旋转这个旋钮可以改变屏幕上选定的值。
2. **RF 50  $\Omega$  连接器** 这个 SMA 阴头连接器提供射频信号输出。阻抗为 50  $\Omega$ 。

## 后视图



1. **TRIG IN** 这个 BNC 阴头连接器为触发输入接口。
2. **FUNC OUT** 这个 BNC 阴头连接器为功能信号输出接口。
3. **REF IN** 这个 BNC 阴头连接器为参考信号输入接口。
4. **REF OUT** 这个 BNC 阴头连接器为参考信号输出接口。
5.  **$\Phi$ M** 这个 BNC 阴头连接器为频率调制和相位调制输入接口。
6. **AM PULSE** 这个 BNC 阴头连接器为幅度调制和脉冲调制信号输入接口。
7. **LAN** 这个 LAN 接口用于将设备连接到网络。
8. **USB B** 这个 USB B 接口用于将设备连接到计算机。
9. **电源插孔** 将电源适配器插入这个插孔，可以为设备供电。
10. **ON/OFF 开关** 开启或关闭设备。
11. **接地螺钉**
12. **风扇孔** 风扇的进气孔
13. **风扇孔** 排气孔

# 常规指标

|                                                                                   |                                                                                                               |
|-----------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 远程编程接口                                                                            | 以太网 100BaseT LAN 接口<br>USB 2.0 主机和设备<br>控制语言 SCPI 版本 1999.0                                                   |
| 电源要求:                                                                             | 6.25 ± 0.2 VDC; 最大 20 W                                                                                       |
| 电源适配器:                                                                            | 100-240 VAC 输入 / 6 V 6.0 A 直流输出                                                                               |
| 环境 (等级与 <b>MIL-PRF-28800F Class 3/4</b> 相同)                                       | 环境压力 这个产品的样品已通过型式测试, 能够承受储存、运输和最终使用时的环境压力条件, 包括温度、湿度、冲击、振动、海拔高度和电源等条件。                                        |
| 储存温度范围                                                                            | - 40 至 70 °C                                                                                                  |
| 工作温度范围                                                                            | 0 至 45 °C                                                                                                     |
| 最大相对湿度                                                                            | 85% (环境温度高达 45 °C)                                                                                            |
| 工作和储存海拔高度                                                                         | 高达 15,000 英尺                                                                                                  |
|  | 通过 EMC 测试, 符合 EMC 排放和抗扰性法规和指令 (EN 61326-1 工业标准、EN/IEC 61326-2-1)<br>安全性符合与 IEC/EN 61010-1 一致的相关安全法规           |
| 重量                                                                                | ≤ 2.5 千克 (6 磅) 净重, ≤ 4 千克 (8 磅) 装运重量                                                                          |
| 尺寸                                                                                | 含连接器: 宽 x 长 x 高 = 174 x 262 x 117 毫米<br>[6.83 x 10.30 x 4.60 英寸]                                              |
| 建议的校准周期                                                                           | 24 个月                                                                                                         |
| 兼容语言支持常用命令                                                                        | 是德科技 N5171B EXG、N5173B EXG、N5181A/B MXG、N5183A/B MXG<br>罗德与施瓦茨 SMB100A、SMB100B、SMC100A、SMCV100B、SMA 和 SML 等型号 |

# 订货信息

| 型号 / 选件        | 描述                    | 其他信息        |
|----------------|-----------------------|-------------|
| <b>AP5002A</b> | <b>射频微波信号发生器</b>      |             |
| AP5002A-512    | 频率范围：9 kHz 至 12 GHz   |             |
| AP5002A-520    | 频率范围：9 kHz 至 20 GHz   |             |
| AP5002A-526    | 频率范围：9 kHz 至 26 GHz   |             |
| AP5002A-1E1    | 步进衰减器                 |             |
| AP5002A-1EA    | 大输出功率                 |             |
| AP5002AU-F01   | 频率从 12 GHz 升级至 20 GHz | 仅可通过许可证密钥升级 |
| AP5002AU-F02   | 频率从 12 GHz 升级至 26 GHz | 仅可通过许可证密钥升级 |
| AP5002AU-F03   | 频率从 20 GHz 升级至 26 GHz | 仅可通过许可证密钥升级 |
| AP5002AU-1E1   | 添加步进衰减器               | 仅可通过许可证密钥升级 |
| AP5002AU-1EA   | 添加大输出功率               | 仅可通过许可证密钥升级 |

是德科技赋能创新者快速解决设计、仿真和测试挑战，突破工程设计的限制，打造出色的产品体验。访问 [www.keysight.com](http://www.keysight.com)，开始您的创新之旅！



此信息如有更改，恕不另行通知。© 是德科技，2024 年，2024 年 8 月 29 日，印于北京，3124-1576CHCN