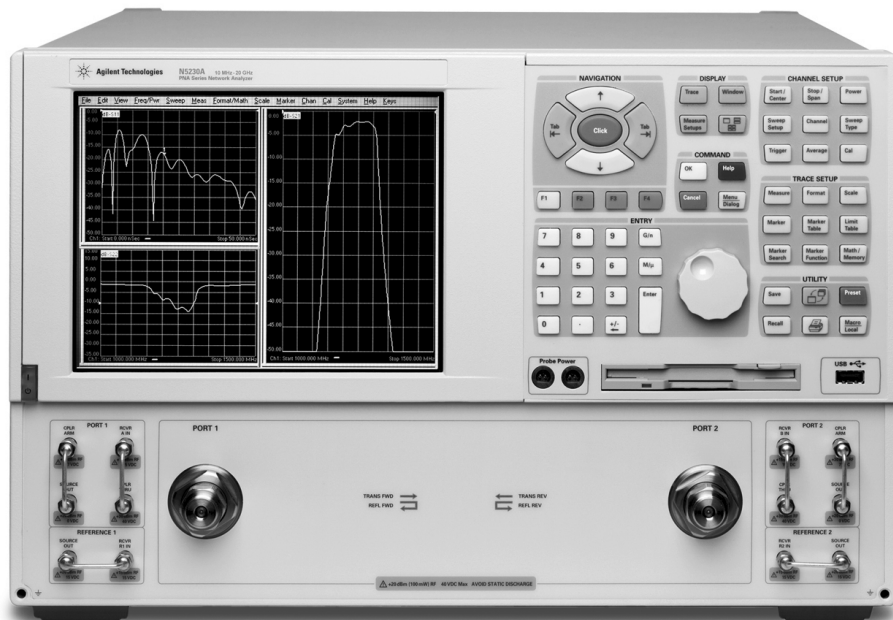


# Agilent PNA 微波网络分析仪

应用指南 1408-10

高功率放大器测试指南



# 目 录

简介.....	2
功率预算分析和 MW PNA 结构图.....	3
范例 A: GSM900 和 DCS1800 双波段手机放大器.....	5
范例 B: Ku 频段固态功率放大器.....	8
测量高功率放大器基本操作步骤.....	10
步骤 A: S 参数、低功率电平测量、低功率设置.....	11
步骤 B: S 参数、低功率电平测量、高功率设置.....	15
步骤 C: 高功率设置条件下的增益压缩测试.....	22
备用的高功率配置.....	24
使用外部耦合器.....	24
双向高功率测量.....	25
常见问题解答.....	26
1. 我如何才能知道网络分析仪接收机是否已压缩?.....	26
2. 未经过校准的测量结果看起来合理, 而经过校准的数据看起来不正确。是什么原因造成的?.....	27
3. 什么是网络分析仪的启动功率或预置功率?.....	27
4. 什么是不同测量通道的预置功率电平?.....	27
5. 不同测量通道的功率电平不相等吗?.....	27
6. 我能使用该设置进行热状态 S22 测量吗?.....	27
7. 在扫描过程中关闭射频功率会出现什么情况?.....	28
8. 校准套件的机械元件存在功率极限吗?.....	28
9. 电子校准或 ECal 中存在功率极限吗?.....	28
10. 源功率校准的优势是什么?.....	28
11. 什么是校准的最佳功率电平?.....	29
12. 在不同的测量过程中, 每个端口的功率电平会出现什么情况?.....	29
13. 如果改变源或者接收机衰减, 双端口校准会出现什么情况?.....	29
14. 错误信息“source unlevelled”是什么意思?.....	29
15. 在回扫过程中 PNA 输出功率会出现什么情况?.....	30
16. 在频带切换过程中射频功率会出现什么情况?.....	30
附录: E8361A 67 GHz 网络分析仪信息.....	31
高功率测量的建议.....	31
网络资源.....	32

## 简 介

高功率放大器为射频微波通信系统中的通用模块。数百万用户所使用的移动电话中都包含高功率放大器芯片。用于传输数据的卫星系统和基站也需大量的固态或行波管 (traveling wave tube) 功率放大器。因此, 检定高功率放大器的性能是设计和验证流程中的关键因素。

本应用指南讨论了使用安捷伦微波 (MW) PNA 网络分析仪测试高功率放大器所遇到的一些特有问題。安捷伦应用指南 1287-6 介绍了使用网络分析仪测试高功率设备的常用配置和需要注意的问题。如欲了解有关常见的放大器测试 (并非只是高功率放大器测试) 信息, 请参阅安捷伦提供的 3 份应用指南。应用指南 1408-7、1408-8 和 1408-9 分别介绍了线性放大器、增益压缩、扫描谐波和互调失真测量。

本指南中高功率的含义是指 MW PNA 不能提供足够高输出功率来激励并测量被测件，或者 DUT 的输出功率高于网络分析仪的最大输入电平。

## 功率预算分析和 MW PNA 结构图

网络分析仪对功率放大器测量的一个关键因素就是需要考虑到仪表内部元件对高功率的承受能力。高功率电平有可能会损坏网络分析仪，而且网络分析仪内部元件的维修费用也非常昂贵。除可能对元件损坏之外，在高功率设置中还应考虑到仪表压缩电平和噪声电平。高功率测量的第一步是估算功率大小并分析功率流图。在本节中，我们先了解一下 PNA 网络仪内部结构，然后通过两个例子来分析功率流图。

图 1 为 20 GHz 的 E8362B<sup>1</sup> MW PNA 网络分析仪的结构图。表 1 列出了 20/40/50 GHz 的 E8362/3/4B PNA 网络仪内部元件的损坏电平值。67 GHz 的 E8361A PNA 的损坏和压缩功率电平见附录。通常，我们建议元件工作电平不要接近损坏电平值，功率电平应至少比损坏电平低 3 dB（最好 6 dB）。用户应注意，设备的最佳电平需要低于损坏电平（比如接收机）。

用户可从安捷伦网站<http://www.agilent.com/find/pna>下载该结构图（采用 Microsoft Visio 文件格式）。找到“Library”部分，然后选择“Manuals & Guides”。电子版本的结构图可针对特殊的测试设置进行功率流图分析。

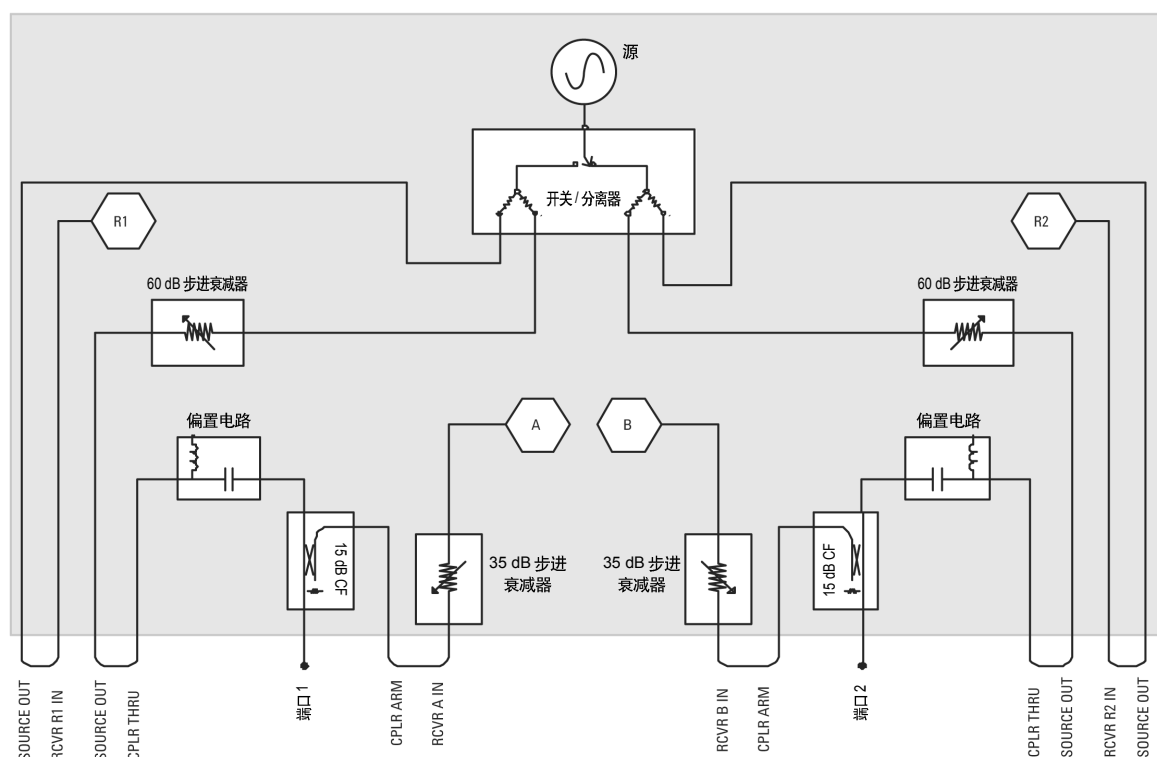


图 1. 配有源衰减器、接收机衰减器、偏置 T 型接头和频率偏移模式的 MW PNA E8362B 结构图。(选件 016、UNL、014、080)

1. 配有选件 014(可配置的测试设备)、选件 UNL(源衰减器和偏置 T 型接头)和选件 016 (接收机衰减器) 的 E8362B。

表 1. MW PNA E8362/3/4B 的功率电平

元件	损坏电平	说明
开关 / 功分器	+ 30 dBm	开关 / 功分器部件是网络分析仪中最敏感的元件之一。注意不要让过大的功率对其造成损坏。+30 dBm 以上的信号电平将会损坏此模块 <sup>1</sup> 。
测试端口 1 或 2	+ 30 dBm	测试端口的最佳功率电平应低于 0 dBm。测试端口的压缩电平值在 -5 dBm 时 < 0.1 dB，在 +5 dBm 时 < 0.45 dB。
接收机 R1、R2、A、B	+ 15 dBm	接收机（混频器）的最佳功率电平应等于或低于 -12 dBm。
偏置电路	+ 30 dBm	偏置 T 型接头可能是 MW PNA 的功率限制的主要元件。所以，安捷伦还可提供不带偏置 T 型接头的高功率测试设备（选件 H85）。
60 dB 源衰减器	+ 30 dBm	—
35 dB 接收机衰减器	+ 30 dBm	—
耦合器	+ 43 dBm < 20 GHz + 40 dBm > 20 GHz	耦合度约为 15 dB，600 MHz 以上。当低于 600 MHz 时，耦合度将以 20 dB/每倍频随频率递减而增加 <sup>2</sup>

**为什么测试端口损坏电平是+30 dBm，而耦合器却为+43 dBm？  
耦合器难道不是就位于测试端口吗？**

是的。耦合器正好位于测试端口，但是尽管耦合器损坏电平可达到 +43 dBm (< 20 GHz)，可是偏置电路（直接位于耦合器之后）的损坏电平却为 +30 dBm。因此，如果输入到端口的信号功率大于 30 dBm，将会损坏偏置电路。接收机衰减器也具有 +30 dBm 的损坏电平，但是在 CPLR ARM 和 RCVR A IN 之间放置衰减器可为其提供保护。由于耦合器和偏置电路之间没有跳线，所以用户无法降低耦合器和偏置电路之间的功率。因此，测试端口上的功率应该限制在 +30 dBm 以下。如果用户希望充分利用耦合器的高功率能力，有两种方法可供选择。其一选择是购买不带偏置电路的网络仪（UNL 选件同时包含电路和源衰减器）。其二是选择安捷伦的特殊 MW PNA-E836x-H85。特殊选件 H85 添加了源衰减器，但不带偏置电路。

1. Agilent 8720 网络分析仪选件 085 上的高功率开关是机械开关，可处理高功率电平。而 PNA 上的开关是电子开关，所以很容易受到高功率电平的损坏。  
2. Agilent E8362/3/4B、E8362/3/4/B(选件 H85) 或 8720/22ES(选件 085) 均使用相同的耦合器。

## 测试高功率放大器的 MW PNA 配置范例

### 范例 A: GSM900 和 DCS1800 双频段手机放大器

这是一个移动通信领域使用的双频段手机放大器范例。下表列出了此放大器各项指标。图 2 显示了可用于测试这种手机放大器的配置情况。

频率范围	880 至 915 MHz 和 1710 至 1785 MHz
输入功率范围	0-3 dBm
输出功率	32-35 dBm (~3 W)
输入 VSWR	1.5:1
隔离度	40 dB
二次谐波失真	-40 dBc
三次谐波失真	-40 dBc
AM-PM 转换	20 度/dB (Pout: 34 至 35 dBm)

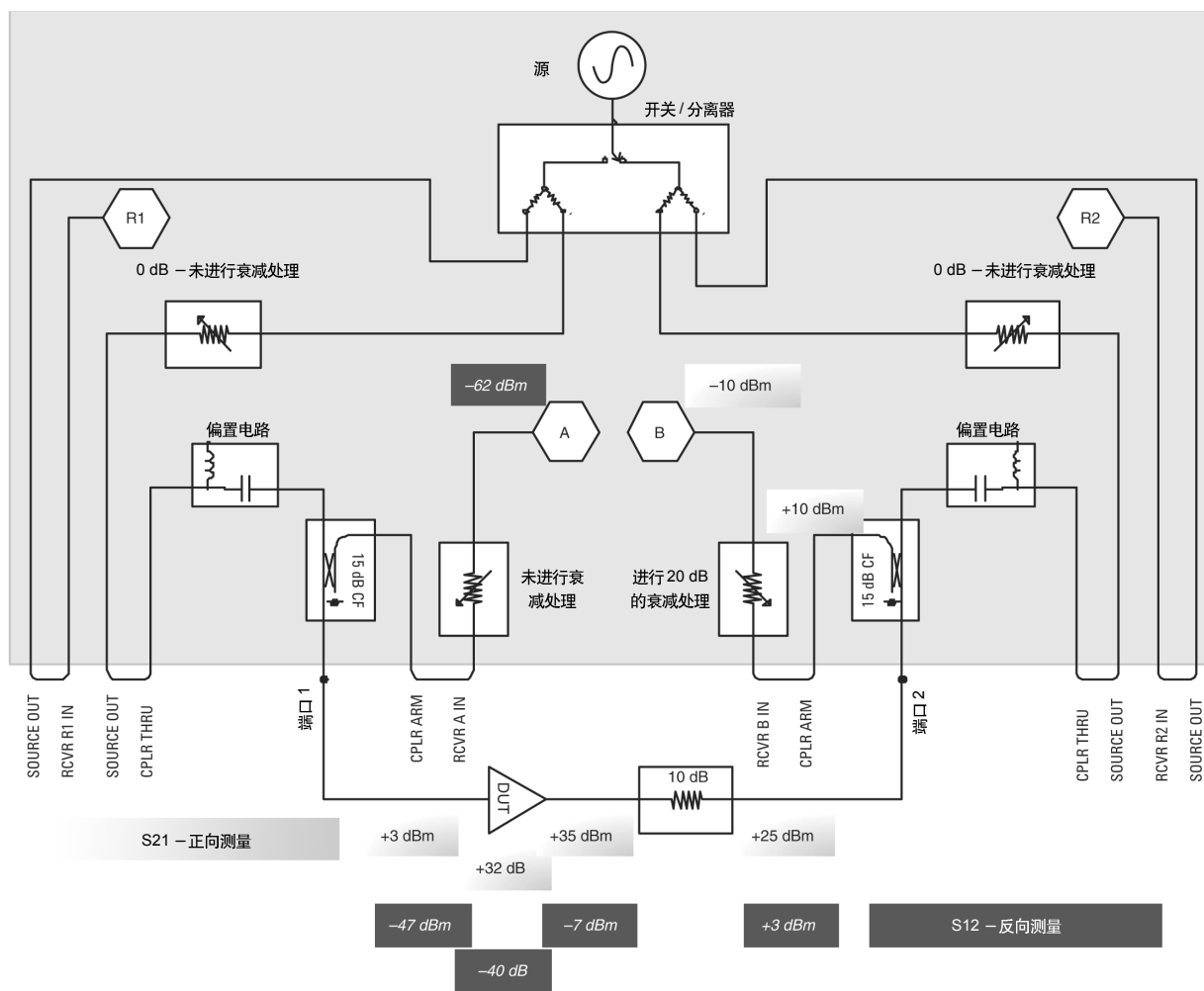


图 2. 用于测量双频段手机放大器的 MW PNA E8362B

注:

+30 dBm 极限不是耦合器造成的, 因为耦合器在 2 GHz 时具有高达 +43 dBm 的承受能力。这个限制主要是由于偏置 T 型接头造成的, 因为其最大额定输出功率为 +30 dBm。

在 2 GHz 时, 该设备的输入功率范围为 0-3 dBm。E8362B 的最大输出功率是 3 dBm, 因此我们可以直接使用 MW PNA 来驱动放大器。但是, +35 dBm 的输出电平超过了 PNA +30 dBm 的损坏电平。在这种配置情况下, 我们使用一个外部 10 dB 的衰减器来保护 PNA 接收机、偏置 T 型接头和开关/分离器部件。

---

注:

在进行高功率测量时, 您应该考虑不同标准测量和校准过程中的功率电平。

---

---

注:

注意外部元件的功率承受能力。

---

---

注:

耦合器之前加衰减器会使未校准的方向系数恶化为衰减值的两倍

---

---

注:

确保接收机的接收信号高于噪底。如果接收机上的入射功率比较低, 则应减少IFBW或取平均值以减少PNA的噪声电平。

---

---

注:

如果您正在使用双端口校准, 必须注意所有4个S参数的精度。即使没有测量 $S_{12}$ 或 $S_{22}$ , 双端口校准也会使用所有的4个S参数。因此, 确保所有的4个S参数的精度非常重要。

---

现在让我们检查一下正向功率流图, 输入到DUT的最大输入功率为+3 dBm。由于输入VSWR为1.5:1 (14 dB的回波损耗), 因此我们可以假设反射信号约为-11 dBm。(3 dBm入射功率-14 dB回波损耗=-11 dBm (测试端口上的功率))。-11 dBm将不会损坏偏置T型接头或开关/分离器部件。-11 dBm还可通过15 dB的耦合系数而降低, 并且A接收机功率将达到-26 dBm, 这个值是可以接受的。在校准过程中, 当开路或短路相连接, 并反射回全部+3 dBm时, 功率电平仍然可以接受。(3 dBm入射功率-0 dB回波损耗=3 dBm (测试端口上的功率))。

现在, 让我们检查一下DUT的输出和 $S_{22}$ 测量结果。由于输入功率为3 dBm, 所以我们预测输出功率电平约为+35 dBm, 这个功率电平将会损坏端口2的偏置电路。我们添加了一个10 dB的外部衰减器, 以保护偏置电路, 并将偏置电路的入射功率减少至+25 dBm (比损坏电平低5 dB)。此衰减器还可确保我们不会损坏转换开关。您必须选择一个可承受功率电平的衰减器。Agilent 8491系列衰减器的最大平均额定功率为2 W。Agilent 8498A可承受高达25 W的平均功率并且频率可达18 GHz。

增加衰减数量将会使功率电平远远低于损坏电平, 它会恶化端口2 (未校准方向性)。因此, 我们应增加所需的最小衰减数量。开关/分离器可处理输出功率为+25 dBm、损坏电平为+30 dBm的情况。如果系统中没有安装偏置电路, 我们可以在耦合器 (在CPLR ARM和RCVR B IN跳线之间) 的后面添加一个外部衰减器, 此时并不会影响方向性。我们也可使用PNA的接收机衰减器。这可能要求我们在CPLR THRU和SOURCE OUT (在端口2一侧) 之间添加一个10 dB的外部衰减, 以保护源衰减器。(请参见图3中的备选配置)

由于输出功率为+35 dBm、外部衰减为10 dB、耦合度为15 dB, 所以B接收机的功率将达到+10 dBm (小于+15 dBm的损坏电平)。但是, B接收由于10dBm输入功率而进入压缩。因此我们建议使用30dB的接收机衰减器, 将B通道接收机上的入射功率减少至-20dBm。

在 $S_{22}$ 测量过程中, 放大器输出端即端口2源入射功率约为-7 dBm (源功率为3 dBm, 衰减为10 dB)。如果我们假设输出回波损耗为10 dB, 那么我们将要在B接收机上测量-62 dBm的信号 (高于网络分析仪的本底噪声)。如果要测量-62 dBm的信号, 我们需要减少IFBW。所选的IFBW取决于所需测量精度。降低中频带宽可以降低噪声电平, 但同时也会减慢测量速度。

现在让我们检查 $S_{12}$ 的测量结果。放大器输出端口的入射功率约为-7 dBm。根据40 dB隔离、15 dB的耦合系数, 接收机上功率为-62 dBm (高于噪声电平)。



## 范例 B: Ku 频段固态功率放大器

这是一个用于军事和商用卫星应用的固态功率放大器 (SSPA) 范例。下表列出了该放大器的各种规范。输入功率范围高于网络分析仪可提供的范围 (30-35 dBm)，且输出功率范围 (>+50 dBm) 高于网络分析仪接收机所能处理的范围。

频率范围	13.5-17 GHz
线性增益	34 dB
输入功率范围	30-35 dBm (1 至 3 W)
输出功率	50 dBm (100 W)
输入和输出 VSWR	1.8:1
P1 dB 压缩点	52 dBm (145 W)
AM-PM 转换	2.5 度 /dB

在这种情况下，我们需要使用一个前置放大器（或驱动放大器）将源功率增加至 +35 dBm，并使用输出端上的衰减器将功率电平从 50 dBm 降至 30 dBm (20 dB 即 100 倍)。图 4 显示了可用于测试该功率放大器的配置情况。由于功率电平非常高，所以我们建议用户使用配有选件 H85（不带偏置电路）的 PNA。

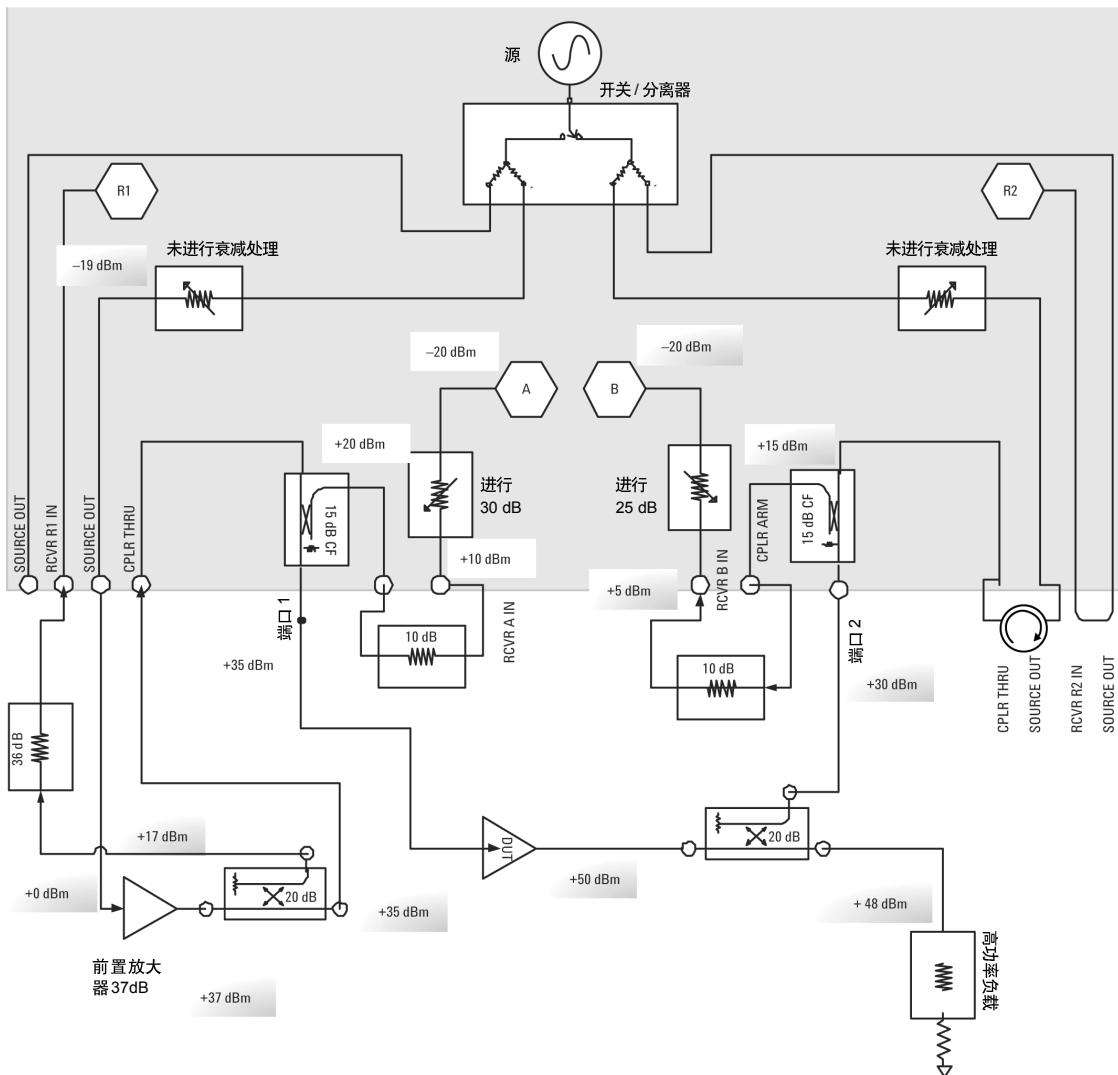


图 4. 用于测量固态功率放大器的 MW PNA E8362B-H85。



---

注:

我们只需要进行正向高功率测量,并满足反向测量即可。如果用户需要同时进行正向和反向高功率测量,请参见图 14。

---

---

注:

预放和外部耦合器放置可以消除由于放大器的漂移带来的误差,假如放大器直接到端口 1 上,预放漂移误差将产生系统误差。虽然采用此配置可以测量全部四个 S 参数,但如果前置放大器直接与端口 1 相连接,就无法测量被测设备的  $S_{11}$  和  $S_{12}$  参数了。

---

在 17 GHz 时,完全匹配负载(含选件)的 MW PNA 最大功率输出为 0 dBm。由于被测放大器要求输入功率为 +35 dBm,因此我们需添加一个可产生 +36 或 +37 dBm 功率的前置放大器。这样,在耦合器的直通臂和电缆发生损耗后,我们仍然能在被测设备的输入端获得 +35 dBm 的功率。

我们在端口 1 SOURCE OUT 的输出端添加了一个前置放大器,以便将外部耦合器的主臂连接到端口 1 的 CPLR THRU 跳线上,同时将耦合臂馈入参考 R1 接收机中。接收机的损坏电平为 +15 dBm、最佳值为 -12 dBm。下面假设耦合器的输出功率为 20 dB。我们需要至少增加 10 dB 的衰减以防止损坏接收机。因此,我们在耦合臂的输出端添加了一个 36 dB 的衰减器,将接收机的功率降至压缩电平以下。

端口 1 耦合器的功率将达到 +35 dBm (在其可承受范围之内)。测试端口耦合器的损坏电平为 +43 dBm。如果信号充分反射,则将有 +20 dBm 功率入射到接收机衰减器。如无内部接收机衰减,接收机将获得 +20 dBm 功率电平(超出其损坏电平 +15 dBm)。为了安全起见,我们在 CPLR ARM 和 RCVR A IN 之间添加了一个 10 dB 的衰减器。然后再设置 PNA 接收机内部衰减器为 30dB,将 A 接收机的功率电平降至 -20 dBm。

现在,让我们查看一下直通连接或  $S_{21}$ 。由于 +50 dBm (100 W) 的输出功率电平可能会损坏 PNA 测试端口耦合器,因此必须通过耦合器或高功率衰减器来使输出信号进一步衰减。我们需要降低功率电平,使其低于 +43 dBm (20 W) 的损坏电平。同时,使用一耦合器并在输出端加一高功率负载,这样耦合臂直接馈送到端口 2 的 CPLR THRU 中。

在不对接收机进行任何衰减处理时,接收机将获得 +15 dBm 的电平,这会损坏仪表。因此,我们在 CPLR ARM 和 RCVR B IN 跳线之间增加了一个 10 dB 的外部衰减器,以保护设备。接下来,我们将使用一个 25dB 的接收机衰减器将 B 接收机的功率电平降至 -15 dBm。

端口 2 上的 +30 dBm 入射功率将通过耦合器入射到源衰减器和开关/分离器上。该功率电平正好处于源衰减器特别是开关/分离器部件的损坏电平范围内,因此我们必须在端口 2 的 CPLR THRU 和 SOURCE OUT 之间添加一个高功率隔离器。这样,当放大器正向放大时,源衰减器和开关/分离器部件就不会被损坏。

---

## 测量高功率放大器操作 步骤

本节详细介绍测量高功率放大器的必要步骤。此处所使用的放大器基于 Motorola IC MHP A21010（一种射频高功率 LDMOS 放大器）。适用于本范例的各种指标请参见下表。我们将使用装配有可配置测试设备、源衰减器、接收机衰减器、偏置电路和频率偏移模式的 E8364B 网络分析仪来测试这种放大器。

DUT 性能 – 射频高功率 LDMOS 放大器	
测定	值
频率范围	2110-2170 MHz
射频输入功率（单载波 CW）	+20 dBm
功率增益（f = 2140 MHz）	最小值为 23.7 dB，典型值为 25 dB
增益平坦度（Gain flatness）	典型值为 0.2 dB，最大值为 0.6 dB
在 1 dB 压缩时的输出功率（f = 2140 MHz）	41.5 dBm
输入 VSWR（f = 2110-2170 MHz）	典型值为 1.5: 1，最大值为 2: 1

我们的目标是测量线性 S 参数和增益压缩。线性 S 参数可在低功率条件下测量。增益压缩测量要求被测设备采用高功率电平驱动，因此需要安装一个前置放大器。由于前置放大器的设置和校准更复杂，且容易出错，鉴于此，我们通过如下的步骤来验证设置和校准结果的正确性，设置与测量线性 S 参数大致一样低的输入功率电平来测量被测件 S 参数，（然后将测试结果与最初的线性 S 参数进行比较。如果比较结果差值在某个合理范围内，则我们可以确信高功率设置正确，并继续进行增益压缩测量。该流程包括以下三个步骤：

### 测量步骤

步骤 A	S 参数、低功率电平、低功率设置	在标准（非高功率）工作条件下测量 S 参数。无需在输入端使用前置放大器，但在输出端使用衰减器。请参见图 5。
步骤 B	S 参数、低功率电平、高功率设置	在输入端使用前置放大器，在输出端使用衰减器。设置功率电平使被测件输入功率与步骤 A 相等。请参见图 8。
步骤 C	增益压缩、高功率电平、高功率设置	在输入端使用前置放大器，在输出端使用衰减器。在功率扫描条件下的测试放大器。请参见图 11。

## 步骤 A. S 参数、低功率电平测量、低功率设置

图 5 所示即为此流程的结构图。第一步，执行功率流分析。由于输入功率为  $-10\text{ dBm}$ 、增益为  $26\text{ dB}$ ，所以我们预计输出功率为  $+16\text{ dBm}$ 。虽然  $+16\text{ dBm}$  的输出功率不会损坏偏置 T 形接头或接收机衰减器，但我们还将添加一个  $6\text{ dB}$  的衰减器。原因在于 PNA 的最大输出功率为  $+3\text{ dBm}$ ，如果我们人为增加功率电平（由于又有  $26\text{ dB}$  的增益），则输出功率就会达到  $+29\text{ dBm}$ ，而这正好与 PNA 元件的损坏电平接近。因此，添加一个  $6\text{ dB}$  的衰减器，我们就会降低损坏 PNA 的可能性。

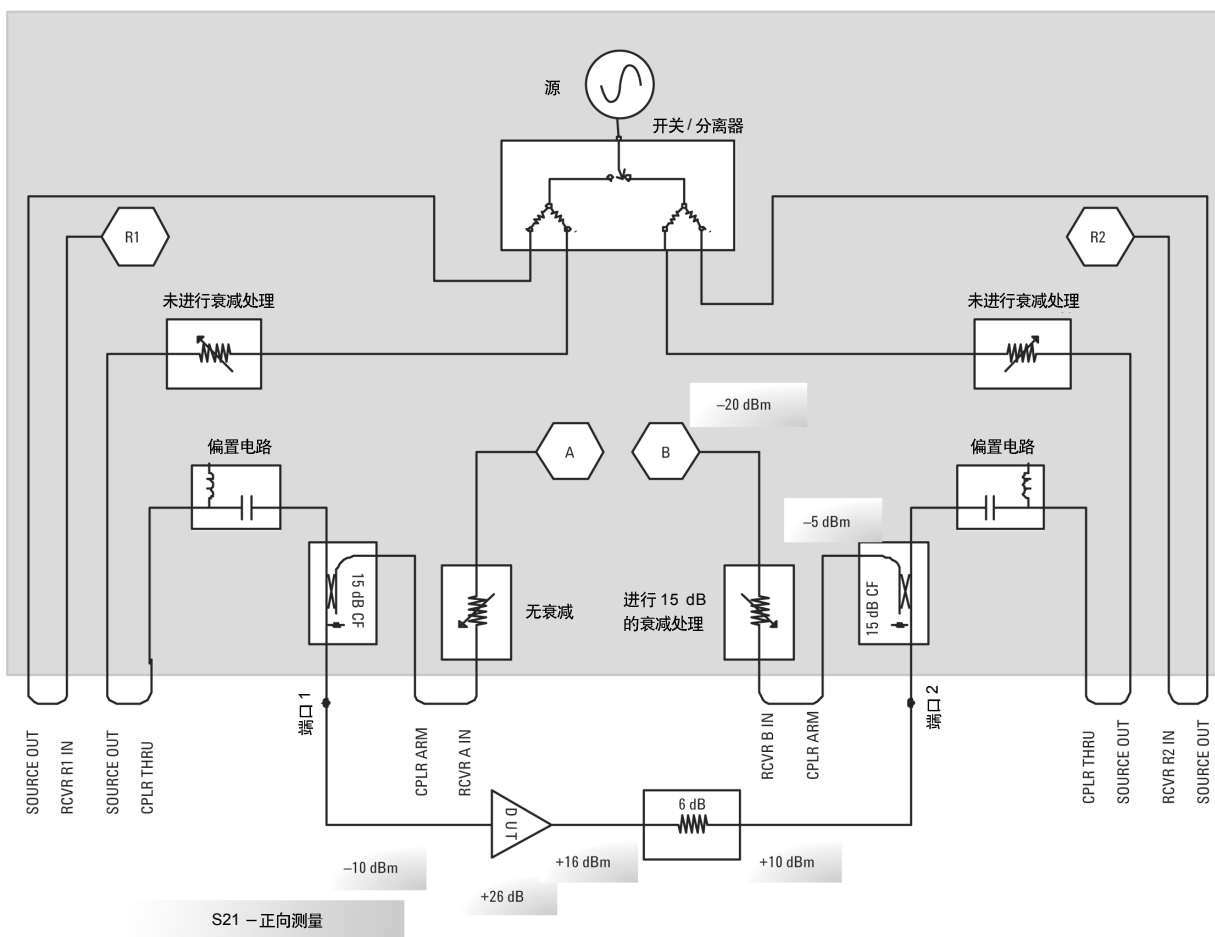


图 5. 用于测试手机放大器（低输入功率）的 MW PNA E8364B

在执行校准之前，请连接放大器并确保功率电平和衰减器设置正确。为避免损坏设备，建议遵循如下程序连接放大器。

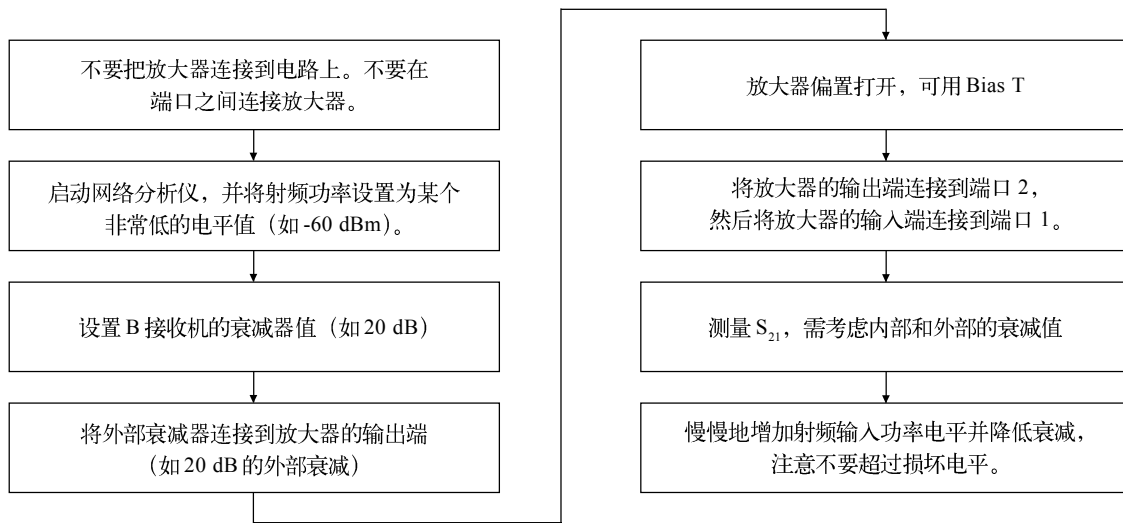


图 6. 测量放大器的连接步骤

#### [Preset]

设置起始和终止频率

[Power] > Level > -60 dBm

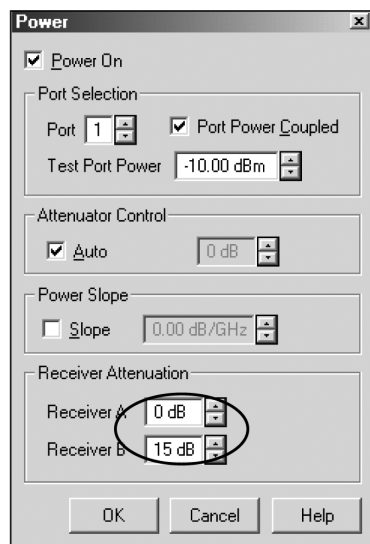
[Measure] S21

打开放大器。

在对放大器加偏置前，将 PNA 上的功率电平设定为某一非常小的值。最好使用低射频功率电平（而不要使用 RF power off（射频功率关闭））。如果使用 RF power off，那么在打开时，您可能不知道功率电平是多少；而如果设置为某个较低的电平，您就可以知道网络分析仪的输出功率是多少。在本例中，我们将启动功率设置为 -60 dBm。我们接下来查看放大器的  $S_{21}$ 。 $S_{21}$  可能要比预期值低，这是因为还没经过校准，且有外部衰减器。在这种情况下，我们看到增益约为 20 dB，而不是 26 dB（在衰减器中有 6dB 的损耗）。一旦执行校准，就可消除衰减器影响。

我们准备用 -10 dBm 的输入功率来测量此放大器的 S 参数。在输入功率为 -10 dBm、增益为 26 dB、衰减为 6 dB 时，我们将在测试端口上获得 +10 dBm 入射功率。我们进行 15 dB 的接收机衰减处理，以便 PNA 接收机不会工作在压缩状态下。此时，您将会注意到接收机衰减的增益或  $S_{21}$  的数量下降。这是因为我们进行的是未校准设置。接收机衰减器可从菜单上进行设置：

### Channel > Power ...



慢慢地增加功率电平，并注意观察增益情况；只有当功率电平接近被测放大器的压缩点时，增益才会发生变化。但是，我们没法直接加大 PNA 的输出功率使该放大器进入压缩状态。

### [Power] > Level > -10 dBm

注意，您可通过降低 IFBW 来减少噪声电平。同时，您还可以通过不同 IFBW 来检查未校准的 S 参数（特别是  $S_{12}$ ），来确定合适的中频带宽以保证测量精度。在本范例中，我们将 IFBW 值降至 1 kHz。

### [Sweep Setup] > Bandwidth > 1 kHz

---

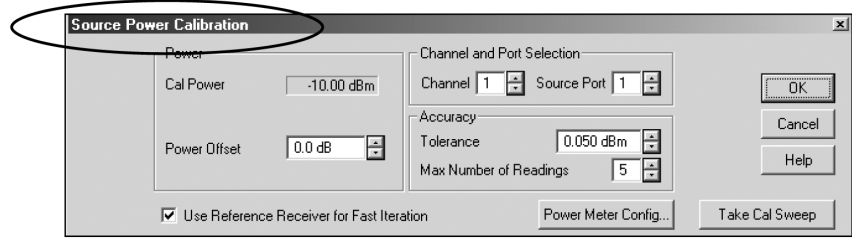
#### 注：

一般可不作源功率校准，因为 MW PNA 的输出功率保持较高精度；源功率校准仅仅是增加测量精度。而双端口校准则是必要的，因为必须消除衰减器（内部和外部）影响才能获得正确的 S 参数。

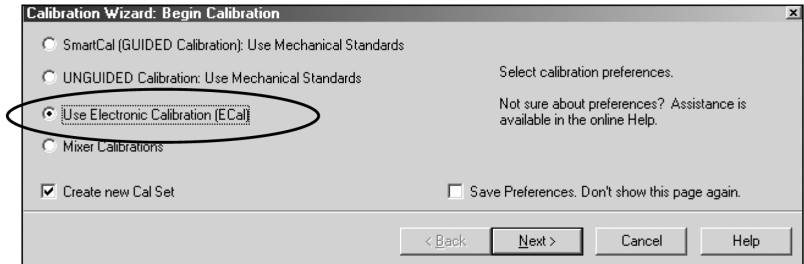
---

既然设置工作准备就绪，我们现在就可以执行校准了。首先移开被测放大器。在放大器的输入点执行源功率校准，以确保放大器输入端获得稳定、已知的功率。接下来，执行双端口校准，消除系统误差和外部以及接收机衰减器影响。在本范例中，我们使用了一个电子校准模块 (Ecal) – 其使用方法非常简单，只需用 ECal 模块代替放大器进行连接即可。如果放大器  $S_{12}$  和  $S_{22}$  对输入功率的细微变化非常敏感，用户也可以对端口 2 执行源功率校准操作。

## Calibration > source-power cal ...



## Calibration > Calibration Wizard ...



下列参数均基于 S 参数，并可进行验证。图 7 所示即为该设备已测量的 S 参数。

- 增益、增益平坦度
- 输入 VSWR 或回波损耗
- 输出 VSWR 或回波损耗
- 隔离度（该放大器没有特别标明，但与  $S_{12}$  相同）。

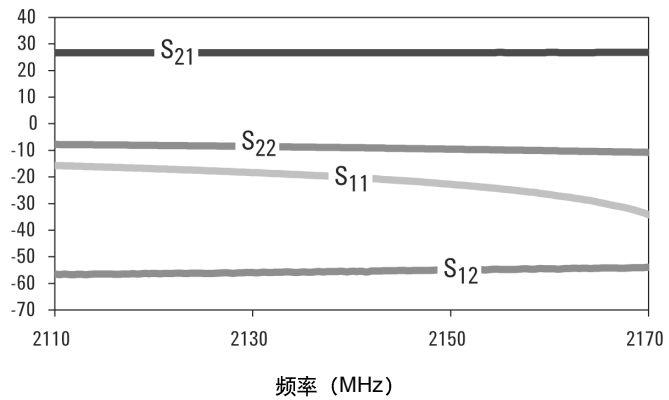


图 7. 低功率（线性）条件下高功率放大器的 S 参数

## 步骤 B: S 参数、低功率电平测量、高功率设置

本节介绍了在低功率电平条件下，采用高功率设置测试 S 参数的过程。高功率设置对增益压缩测试非常必要。图 8 中的结构图显示了必要的测量设置。此外，我们的测量目的也是为了验证高功率设置。我们将把低功率设置与低功率电平，以及高功率设置与低功率电平测量结果进行比较。如果测量结果差值在某个合理范围内，则我们可以确信高功率设置正确，并使用这些设置来执行高功率测量（比如增益压缩等）。我们将对步骤 A 和步骤 B 的测量结果进行比较。

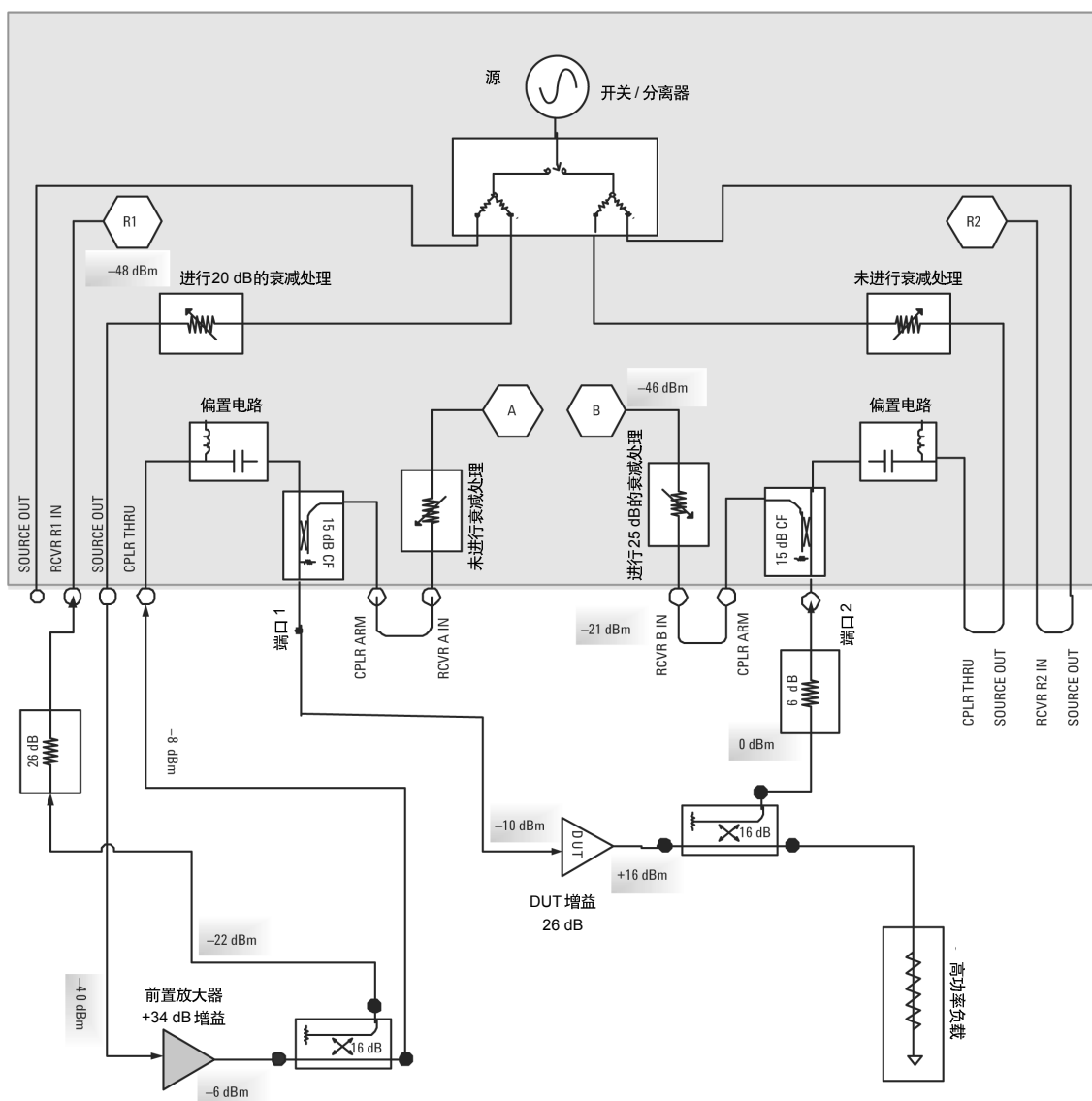


图 8. 用于低功率 S 参数测试的高功率设置

注:

在此设置中，我们选择了外部衰减器来适应高功率测量条件（请参见图 11）。所以，在进行低功率测量时，它们并不是理想的元件。但由于它们是高功率测量的必要元件，因此我们将其添加到了系统中。

## 结构图元件说明

### 前置放大器

选择前置放大器主要标准是需要放大器提供足够的功率以驱动被测设备。一般选择高隔离度放大器。当然，前置放大器的频率范围应该覆盖被测设备的覆盖范围。下面以型号为 ZHL-42 的微型电路放大器为例。该放大器的工作频率范围是 700-4200 MHz（包括了被测设备的频率范围），压缩电平为 28dBm（此值远远超出所要求的 20 dBm 输入功率）。其典型增益为 33 dB，为了获得所需的 +20 dBm，我们需要 -12 dBm 的输入功率— PNA 容易达到此功率。

### 参考通道耦合器

这种耦合器需要能够承受前置放大器的输出功率。其用途是将部分功率耦合到参考接收机中。由于在  $S_{21}$  测量时，我们需要比较 B 接收机与 R1 接收机。因此我们必须使用 R1 接收机测量输入功率，并将放大器输入功率输送到 R1 接收机中。在本范例中，我们使用了一个安捷伦内部 PNA 耦合器，这种耦合器的耦合系数为 20 dB，因此能够处理 30 dBm 的输入功率。

测量功率流的一种较好的方法是使用功率计在射频路径的不同端点检验功率电平。您可以连接某个元件，测试输出端的功率电平，然后再连接下一个元件，检查输出端的功率电平，最终逐步检验出各点上的功率电平。如果您扫描的频率范围很广，则功率电平可能会有所不同。但是至少有助于得到通路上不同点大概功率电平值。您还可以在连续波（CW）模式或基于某一窄带频率间隔进行初始测试，以测定各种功率电平。上述操作的目的是为了让您了解功率流情况，并确保不会损坏网络分析仪元件。

同时，您还必须确保所使用的功率传感器能够处理高功率电平。功率计上所显示的 999.99 功率电平意味着您的功率传感器已经超载，并且很可能会损坏传感器。安捷伦针对各种高功率测量，提供了如下功率传感器。

#### 注：

在本应用说明出版之际，E9300 系列功率传感器还不能与 PNA 网络分析仪协同使用。原因在于 E9300 功率传感器只能与 E4416/7 功率计一同使用，而 PNA 尚不支持 E4416/7。我们计划在 PNA 固件中加入 E4416/7 功率计驱动程序。请查看 PNA 支持页面，获得该增强驱动程序的相关信息。

功率传感器	最小功率 (dBm)	最大功率 (dBm)
8481B	0	+44
8481H	-10	+35
E9300B、E9301B	-30	+44
E9300H、E9301H	-50	+30

如欲了解有关 8480 系列及 E 系列功率传感器的更多信息，请访问 [www.agilent.com/find/powermeters](http://www.agilent.com/find/powermeters)。



设定频率范围并打开频率偏移模式，这样您无需使用参考通道输入进行锁相。

[Preset]

[Start/Center] > 2110 MHz

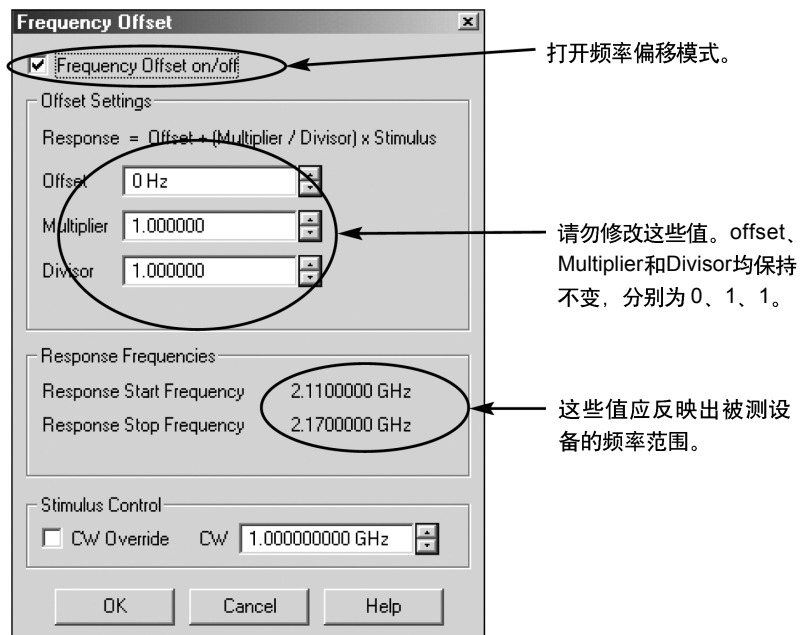
[Stop/Span] > 2170 MHz

[Sweep Setup] > Bandwidth > 1 kHz

[Sweep Setup] > Number of Points > 201

[Measure] > S21

菜单项 Channel > Frequency-offset ...



### 注意：失锁及频率偏移模式的使用

在标准网络分析中，参考接收机（R1 对应前向、R2 对应反向）用于在射频源与接收机 LO 之间进行锁相。锁相对参考通路的信号纯度及电平值有一定限制。这使得对高功率器件测量更加麻烦，用户不得不花费大量时间处理“失锁”错误信息。用户可以使用（PNA）频率偏移模式（选件 080）避免这个问题。当网络分析仪处于频率偏移模式下时，R1 接收机无需用于锁相；而由独立的内部电路对射频源和接收机进行锁相。

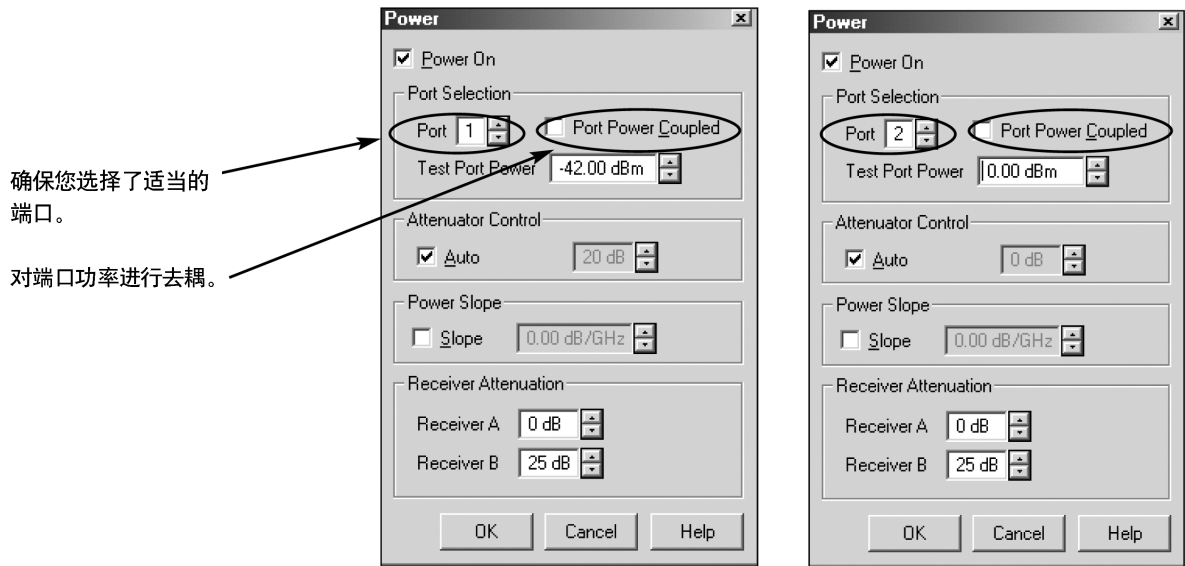
我们强烈建议您打开频率偏移模式，这样您即可充分利用独立锁相机制（而无需测量不同射频源 / 接收机的频率）功能。将偏移设置为 0，使射频源和接收机的频率相同。

如果您的 PNA 没有配备频率偏移模式选件，这样就必须使用参考通道进行锁相，则对 R 通道信号的要求为：功率电平在 -10 至 0 dBm 之间，信号干净，且无杂波。

## 功率电平设置

接下来，设置功率电平和衰减器。由于端口 1 要求的功率电平相当低，因此，关掉端口 1 和端口 2 之间功率耦合。端口 2 无需低功率电平。而事实上，如果我们设置低功率电平再进行衰减，然后测量  $S_{12}$  隔离情况，那么在对  $S_{12}$  进行测量时，就可能会被噪声所淹没。因此，我们需要将端口之间功率去耦，并将端口 2 的功率设为一个较高的电平。PNA 网络分析仪有两个独立的源衰减器，一个用于端口 1，另一个用于端口 2；因此，您可以灵活地控制源输出功率电平。

### 菜单项 Channel > Power ...



为了测定每个端口的功率电平，用户应仔细查看结构图并执行各种计算。在步骤 A 进行线性测试时，放大器的入射功率应为 -10 dBm。可以通过各种设置以便在放大器输入端获得 -10 dBm 的功率电平。

PNA 中包含各种“功率”值。表 2 及补充说明对这些值进行了分析并解释了它们与硬件设置的关系。

表 2 PNA 功率电平设置

	A	B	C	D
端口	源功率校准前的端口功率 (实际的 PNA 源功率)	校准功率 (被测设备的入射功率)	偏移 (在源功率校准菜单中) 菜单	源衰减器设置
1	-42 dBm	-10 dBm	+32 dB	20 (自动)
2	0 dBm	-22 dBm	-22 dB	0 (自动)

表 2 说明

**A 列说明:** 如果在 SOURCE OUT 和 CPLR THRU 跳线之间没有任何外部元件, 则源功率和测试端口的功率相同。而在本例中, 我们使用了一个前置放大器, 将放大后功率耦合回 PNA 中。结果, 前置放大器增益和耦合器直通臂的损耗使得 PNA 源功率和端口功率并不相同。在执行源功率校准前, Channel > Power...对话框中所显示的 *test port power (测试端口功率)* 值为 PNA 的实际源功率值, 也为测试端口或者 SOURCE OUT 处功率值。该值在 PNA 的可用功率范围内。对源功率执行校准之后, Channel > Power...对话框中的功率电平现在即为 DUT 输入端即测试端口的功率电平。所以, 此端口表示新设置条件下的功率端口。该端口值的取值范围广泛, 取决于您所连接的外部元件。该值可能小于 PNA 源功率值 (比如您在端口 2 中安装了衰减器), 也可能大于 PNA 源功率。

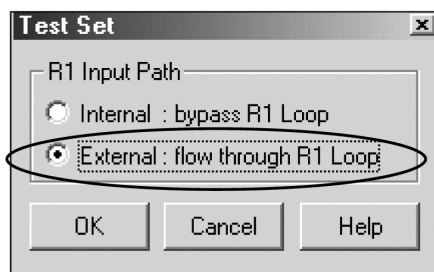
**B 列说明:** B 列为计算前置放大器和衰减器影响后, 您所需要的测试端口功率电平。PNA 会试图将测试端口的功率设定为该值。

**C 列说明:** 校准对话框中的偏移值取决于 PNA 与被测设备间的元件。在端口 1 中, 偏移值为 32 dB, 该值为前置放大器增益减去电缆损耗后的值。在端口 2 中, 偏移值为 -22 dB, 该值为外部衰减器与耦合器的损耗。

接下来, 您需要设置接收机衰减器。在本范例中, 我们将在 B 接收机上使用一个 10 dB 的衰减器。

最后一步是设置网络分析仪, 来获得放大的参考通道信号 (如果您的 PNA 配有选件 081<sup>1</sup> - 基准接收机开关)。设置参考通道开关, 选择外部输入。

菜单项 Channel > Test Set ...



1. 选件 081 (外部基准开关) 主要用于混频器和变频器测量, 但是放大器测量并不需要该选件。然而, 如果您的分析仪配有选件 081, 则您需要设置外部参考开关的位置。

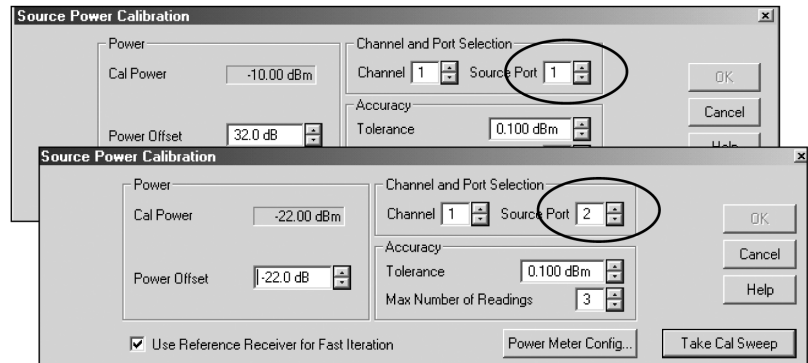
## 校准

接下来，我们将介绍两种校准方法。第一种是源功率校准，这种校准方法可确保被测设备（端口 1）输入端和输出端（用于反向测量的端口 2 功率）获得稳定的功率电平。第二种是双端口校准，这种校准方法采用 ECal 来消除系统误差（比如方向性、源及负载匹配等）。在源功率校准对话框中，将偏移电平设置为适当的值（参见表 2 中的适当值）。确保在源功率校准菜单中选择相应端口。在测量过程中应打开前置放大器。

在 PNA 状态栏上找到正向或反向 *Src Pwr Cal*。把测量参数设为  $S_{21}$ ，并查找 *Src Pwr Cal*。把测量参数设为  $S_{12}$ ，并查找 *Src Pwr Cal*。

### 注：

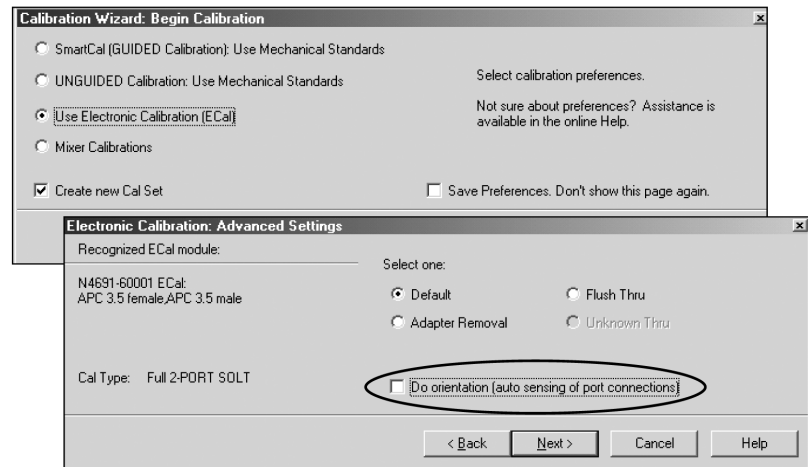
源功率校准将设定一个“隐藏”的通道来执行校准。该通道以一个额定的功率电平启动，该功率可能高于用户的通道功率电平。当固件提示您进行连接后，连接功率传感器进行设置。因为高功率可能会损坏功率传感器，所以不要提前连接。



接下来，使用 ECal 模块执行双端口校准。将 ECal 模块连接在将连接被测设备的地方。您将需要取消选择 ECal 模块的 *Do Orientation* 对话框以忽略自动定向操作。

### 注：

如果您看到错误提示信息“Electronic Cal: Unable to orient ECal module, Please ensure the module is connected to the necessary measurement ports (电子校准: 无法确定 ECal 模块的方向, 请确保将模块连接到所需的测量端口上。”则请取消选定“Do orientation (确定方向)。” ECal 模块要求定向值为 -18 dBm (定向值而非校准值), 因为输出端口有 26 dB 的损耗, 而 ECal 模块无法测定其定向值。因此, 用户需要向分析仪指定 ECal 模块相关信息。



执行校准后，连接被测放大器并测量 S 参数。图 9 所示为被测设备在相同入射功率电平下，含前置放大器和不含前置放大器时 S 参数的测量结果。图 10 所示为两种设置测量结果之间的差异。

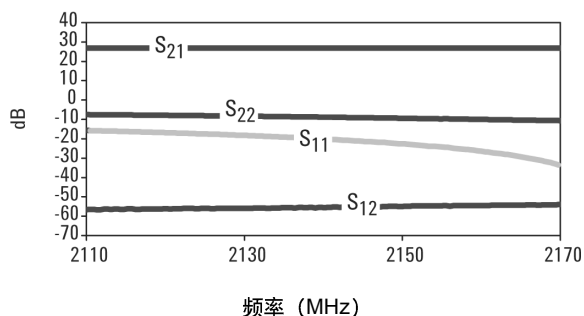


图 9. 含前置放大器和不含前置放大器的被测设备 S 参数。

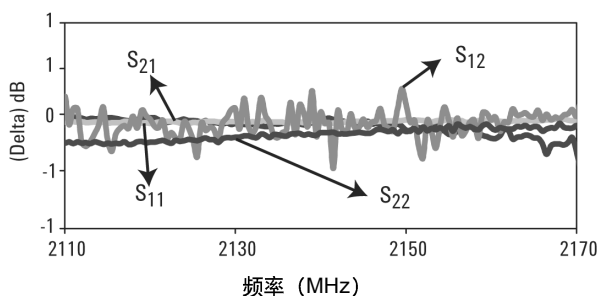


图 10. 使用前置放大器或不使用前置放大器进行测试时，S 参数的差别。

如图所示，差异非常小（正如我们所料）。除了迹线噪声和测量重复性外，由于端口 2 方向性恶化以至两端口校准精度下降（由于使用了前置放大器）也会造成最后结果的差异。S<sub>12</sub> 测量时信号非常微弱接近噪声电平，这样将导致测量不确定性增加。噪声电平可通过减少 PNA 的中频带宽来降低。

如果您正在进行类似的比较，请确保使用高质量的电缆、适配器和衰减器。劣质元件可能会导致测量结果有明显偏差。

测量低功率 S 参数的最好采用不带前置放大器和衰减器的初始化设置。如果用户希望以同样的设置同时测试低功率和高功率，他们可能要使用高功率设置，并降低输入功率电平。

## 步骤 C: 增益压缩测试、高功率设置

对于增益压缩测试，我们在功率扫描条件下对放大器进行了测试。我们需要确定使用哪种源衰减器设置，因为我们无法在测试中改变衰减器设置的同时，保持有效的校准。如果衰减器设置无法满足测试范围的要求，那么就需要采用单次扫描并开启多个通道。在持续扫描时，多个通道无法采用不同的衰减器设置，因为这可能会导致开关迅速损坏。

注：

如欲访问 PNA 的在线帮助系统，请按下碧绿色 Help 键，或使用 Help 菜单项。您也可以从以下站点访问帮助系统：<http://www.agilent.com/find/pna>指定产品页，比如 E8364B>Library> Manuals & Guides > Online Help。

各种网络分析仪的功率扫描范围可以从在线帮助系统的规范一节中找到。

功率扫描范围或 PNA 自动电平控制 (ALC) 范围主要取决于频率范围。本范例中所用的网络分析仪在 2140 MHz 时的 ALC 范围如下：

衰减器设置	最小源功率	最大源功率
0	-27 dBm	+7 dBm
10	-37 dBm	-3 dBm
20	-47 dBm	-13 dBm

由于我们在测试案例中采用预放并设置 20dB 衰减，因此我们能够获得 -10 至 +18 dBm 的频率范围。图 11 结构图列出了各种功率电平。

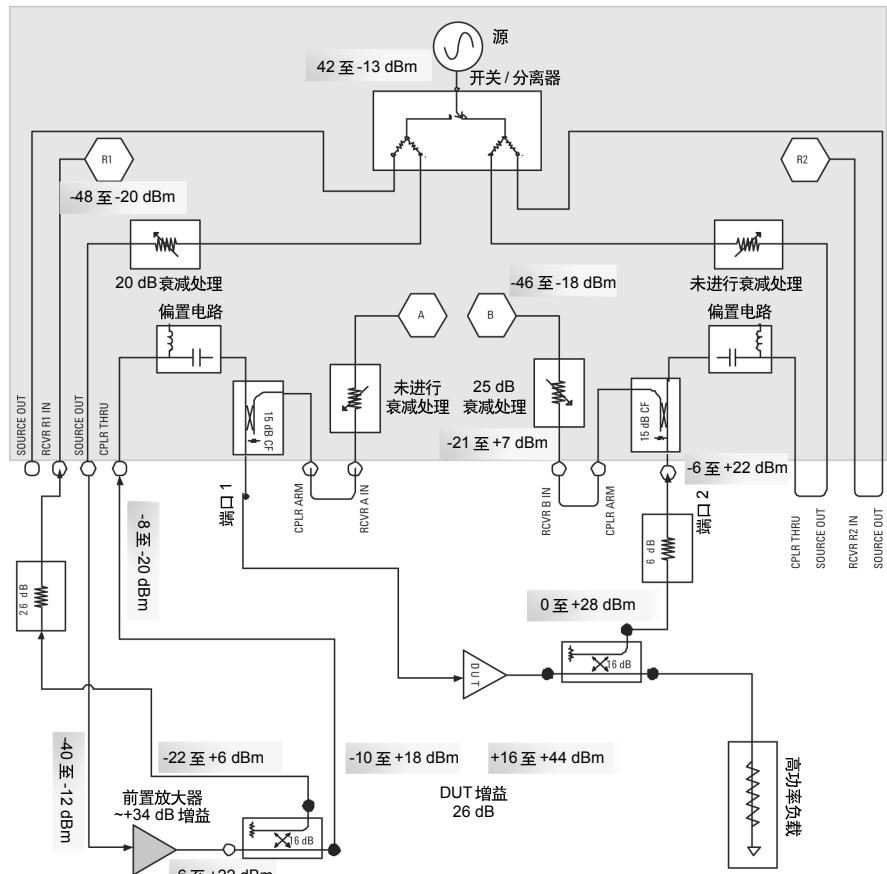
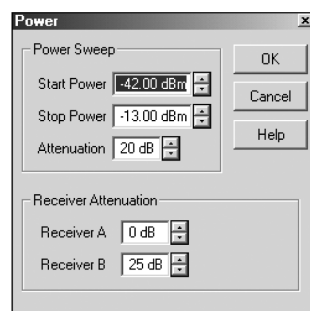


图 11. 增益压缩测试功率扫描。

## 增益压缩测试程序

[Preset]  
[Sweep Type] > Power Sweep  
[Start/Center] > CW Freq > 2140 MHz  
[Sweep Setup] > Bandwidth > 1 kHz  
[Sweep Setup] > Number of Points > 201  
[Measure] > S21  
[Power] > Start Power > -42 dBm  
[Power] > Stop Power > -13 dBm



## 打开频率偏移模式

在执行功率扫描时，MW PNA 将自动检查增益设置算法。这种算法流程会引入杂波，因此我们建议用户激活频率偏移模式（可避开此算法）。另外，使用频率偏移模式也无需通过外部 R 通道进行锁相。

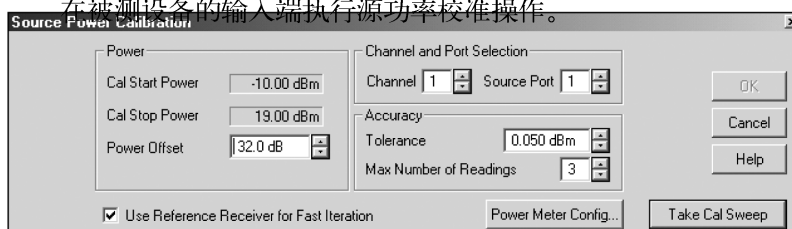
菜单项 Channel > Frequency-offset... > 选择 “Frequency Offset on/off” 复选框

将 offset 值设为 0，multiplier 和 division 值设为 1。

菜单项 Channel > Power... > 将 B 接收机衰减器设置为 25dB

菜单项 Channel > Test Set > Use External reference (如果 PNA 含选项 081)。

在被测设备的输入端执行源功率校准操作。



接下来，我们进行频率响应校准来测量  $S_{21}$ 。在进行绝对的 B 接收机测量时，我们需要执行源功率及接收机校准。被测放大器的增益压缩如图 12 所示。

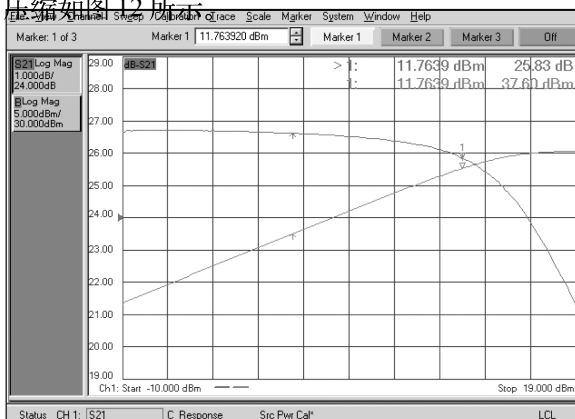


图 12. 放大器增益压缩

## 备用的高功率配置

下面的结构图显示了两种高功率测量方法。

### 使用外部耦合器

使用高功率外部耦合器代替内部耦合器。注意：为了确保校准后的测量稳定性，应选择具有良好方向性功能的耦合器。

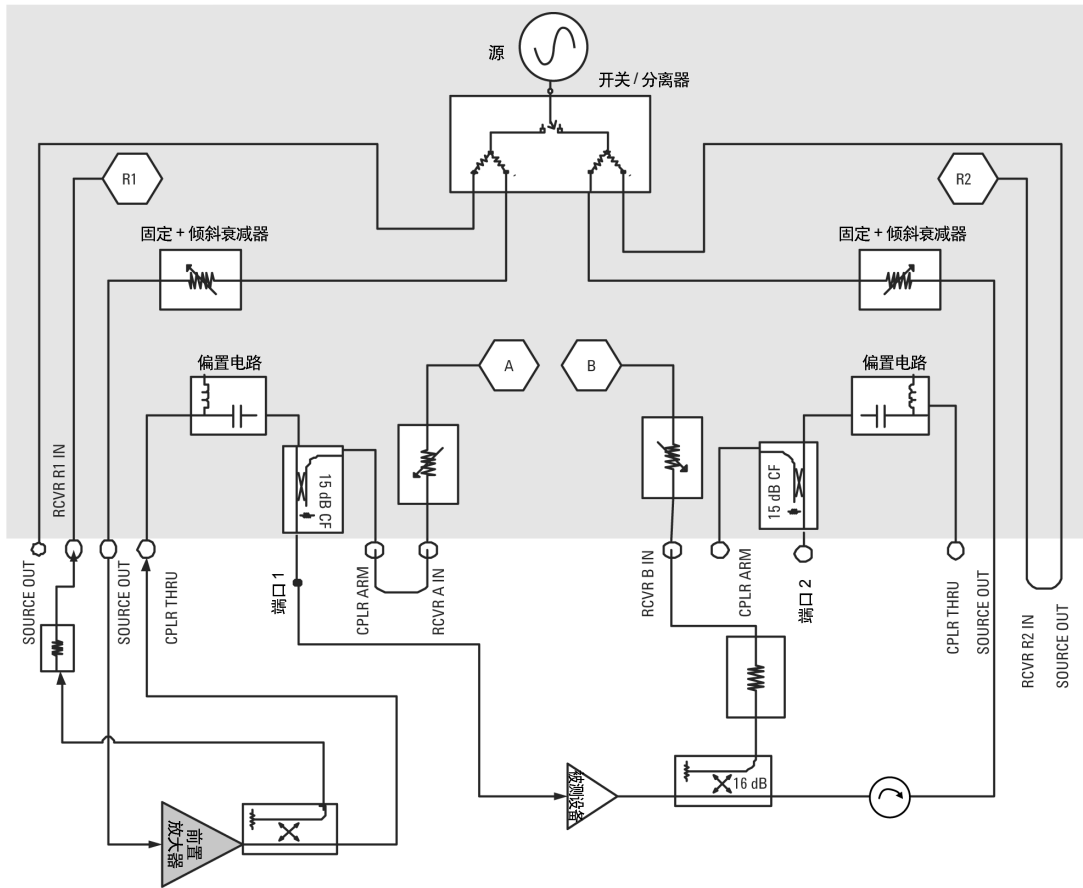


图 13. 在高功率测量中使用外部耦合器



### 双向高功率测量

在进行双向高功率测量时，需要在每个端口添加一个前置放大器。由于放大器的  $S_{22}$  通常很差，因此在每个放大器的后面都要安装一个隔离器来提高负载匹配。隔离器还可防止前置放大器受到输出端高功率的影响。

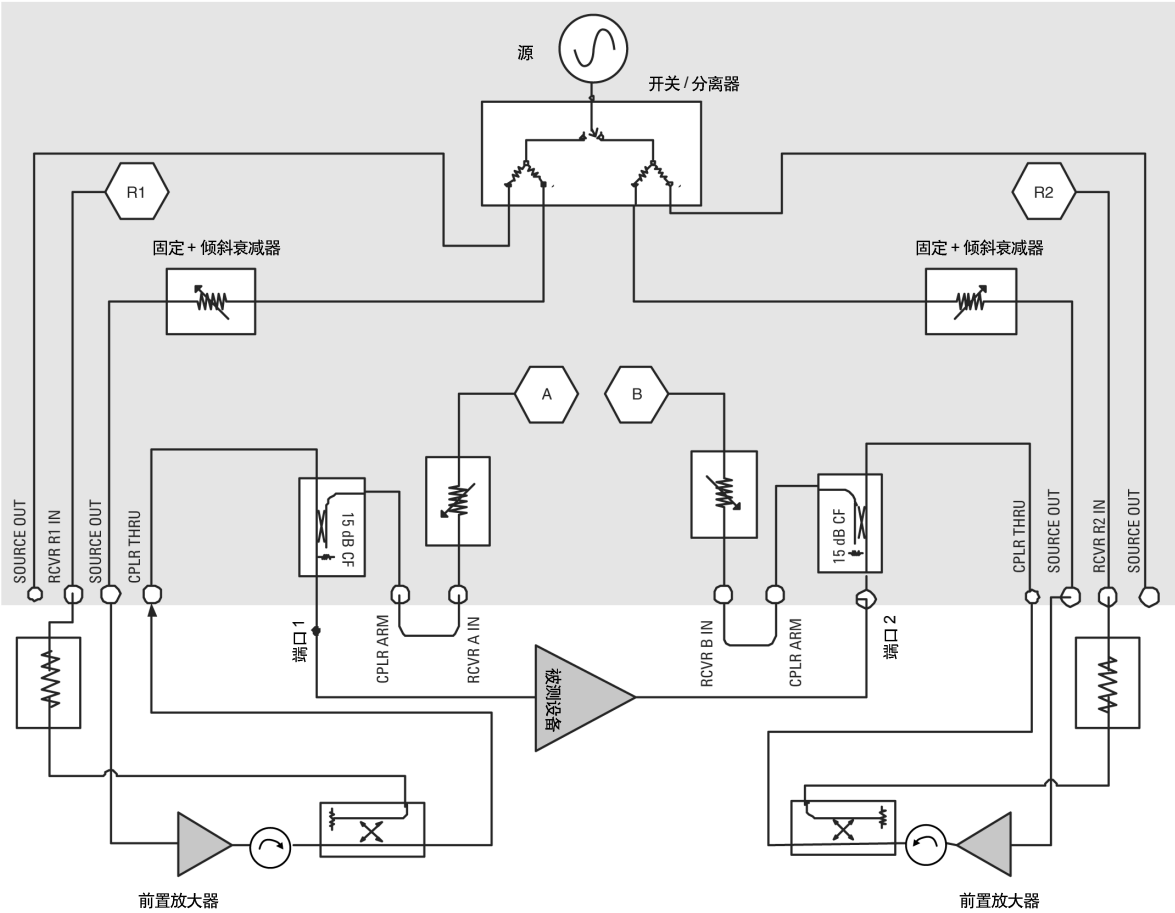


图 14. 双向高功率测量

## 常见问题解答

### 1. 我如何知道网络分析仪接收机是否被压缩?

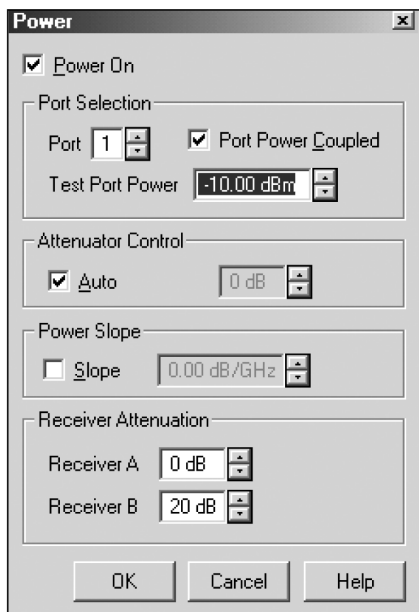
在测试有源设备（特别是放大器）时，用户应特别注意设备的输出功率电平即网络分析仪接收机的入射功率。在压缩状态下使用接收机可能难以区分是被测件压缩还是测试系统误差。下面介绍了一种方法，可帮助用户确定网络分析仪接收机是否被压缩。此程序要求网络分析仪配备接收机衰减器。MW PNA 分析仪选件 016 即包括接收机衰减器，MW PNA-L 没有此选件即没有接收机衰减器。

连接端口 1 和端口 2 之间的测试设备，并设置  $S_{21}$  和 B 通道测量。然后修改接收机衰减器设置，并检查  $S_{21}$  和 B。如果接收机未压缩，那么迹线只会随衰减值变化而变化，如果接收机已压缩，此时测量值的改变大小并不等于衰减值。这时，无需校准也可进行比较，只要确保所有的校准处于关闭状态即可。标记功能可帮助确定测量值的改变是否等于衰减器改变值。

对于 R 信道接收机可重复该测试流程，由于  $S_{21}$  和 AM-PM 均为比率测量 (ratioed measurement)，因此需要检验两台接收机是否压缩。在互调失真测量中，可以改变相同的衰减设置，但要监视基音和混频分量 (mixing product) (dBc) 差值。如果差值随衰减器设置变化而变化，那么 PNA 接收机可能已压缩。

如果测试显示在初始设置条件下网络分析仪接收机已被压缩，那么增加接收机衰减电平，直到接收机不再处于压缩状态为止。

在 MW PNA 上，接收机衰减器可通过 Channel > Power 菜单进行控制。



## 2. 未经过校准的测量结果看起来似乎合理，而校准过的数据看起来似乎不正确。这是什么原因造成的？

双端口校准计算基于所有 4 个 S 参数。高功率测量中可能出现的问题之一是，如果端口功率未（去）耦合，那么  $S_{12}$  测量可能由于噪声而具有较高不确定性。在测量高增益放大器时，建议用户充分利用 *Port Power Coupled* 特性将端口 1 和端口 2 功率去耦，并使用低功率电平来驱动输入端或端口 1，以避免输出端收机受到损坏。通过高功率电平驱动输出端或端口 2，这样隔离或  $S_{12}$  测量便不会受到网络分析仪本底噪声的影响。而精确的  $S_{12}$  测量是精确双端口校准的基础。

## 3. 什么是网络分析仪的启动功率或预置功率？

预置时，MW PNA 端口 1 的源功率电平被设置为标称电平（请参见表 3），端口 1 的内部源衰减器设置为 0 dB。同时将端口 2 的功率设置为关闭状态。PNA 分析仪每次只能打开一个端口。如果此功率电平可能损坏被测放大器，或者被测放大器可能工作在非线性状态，则在设置所需的功率电平前不要连接放大器。您可将具有不同初始功率设置条件的“用户预置”保存在 MW PNA 中。这样，在预置时，MW PNA 将以新的功率电平启动。

表 3. 标称功率电平（端口 1 上的预置功率电平）

网络分析仪	标准	选项 014、UNL 或同时使用 014 和 UNL
E8362B (20 GHz)	0 dBm	-5 dBm
E8363B 和 E8364B (40 和 50 GHz)	-12 dBm	-17 dBm

## 4. 什么是不同测量通道的预置功率电平？

即使以不同于标称的功率电平为启动通道保存了 *User Preset*，在增加新的通道时，每个通道仍然以标称功率电平启动。因此，如果您以 -60 dBm 的标称功率电平将通道 1 保存为 *User Preset*，那么在启动通道 2 时，通道 2 仍将以标称功率电平启动（装配了选项 E8364B 的电平值为 -17 dBm）。在设置新通道要注意，如果不需要高功率电平，则可能会损坏元件。

如果您在通道 1 的 *User Preset* 中关闭了射频功率 (*RF power off*)，那么在启动通道 2 时，通道 2 上的射频功率也会关闭。射频功率是一种全局参数，而功率电平设置只是一种通道参数。

## 5. 不同的测量通道是否能具有不同的功率电平？

是的。不同的 PNA 测量通道的功率电平不相等。如果您设置的两个通道其功率电平明显不同（导致衰减器设置也不同）设置两个通道，则 PNA 会自动将其中一个通道置为“*trigger hold*”模式。这会使衰减器免于持续进行切换处理。

## 6. 我能使用该设置进行热状态 $S_{22}$ 测量吗？

如果被测放大器工作于线性区域，则应使用负载牵引 (load-pull) 技术来测量大信号  $S_{22}$ 。传统的 S 参数一般是测量器件的小信号 S 参数。虽然 PNA 可用于热状态  $S_{22}$  测量，但还需要额外的设备和设置。

### 7. 在扫描过程中关闭射频功率时，功率电平会出现什么情况？

如果在扫描的最后阶段关闭功率电平，那么当射频功率打开（RF power on）时系统会继续进行扫描。而下次启动扫描时，射频功率为关闭状态（RF power off）。

### 8. 校准套件的机械元件存在功率极限吗？

开路或短路标准没有功率极限，因为它们并不耗散能量。大多数安捷伦校准套件负载的最大平均额定功率为 2 W 或 +33 dBm。

### 9. 电子校准或 ECal 存在功率极限吗？

ECal 模块的最大额定功率是 +10 或 +20 dBm（请参见下表）。ECal 模块对自动定向（定向而非校准）也有最低的功率要求。如果模块的功率电平小于 -18 dBm，那么用户必须通知分析仪 ECal 模块的定向。用户只需取消选择自动定向复选框，并手动指定分析仪如何连接 ECal 模块即可。自动定向意味着网络分析仪可以确定端口 1 和端口 2 连接 ECal 模块上端口 A 和端口 B 的方式。

ECal 模块	最小功率	最大射频功率	测试端口上的最大直流电压
N469x (MW ECal)	无最低校准功率。请参	+10 dBm	± 10 V
8509x (射频 ECal)	见上一段内容了解自动定向的最小功率电平。	+20 dBm	± 20 V

### 10. 源功率校准的优势是什么？

源功率校准会将功率计的精度传递给网络分析仪。网络分析仪的输出功率可精确到 2-3 dB 之内。下表列出了 MW PNA 的技术规范。功率计测量不确定度小于 0.5dB。

#### MW PNA 功率电平精度技术指标

0 dB 值时的标称功率变化（0 dB 时的步进衰减器设置）

频率范围	标准	选件 014	选件 UNL	选件 014 和 UNL
10 MHz 至 45 MHz	± 2 dB			
45 MHz 至 10 GHz	± 1.5 dB			
10 至 20 GHz	± 2 dB			
20 至 40 GHz	± 3 dB			
40 至 45 GHz	± 3 dB	± 3.5 dB	± 3 dB	± 3.5 dB
45 至 50 GHz	± 3 dB	± 4 dB	± 3 dB	± 4 dB

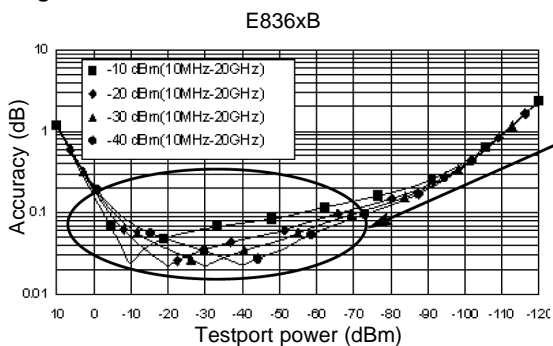
在线性 S 参数测量中，放大器会稳定运行在线性范围之内，2-3 dB 的功率变化不会造成明显的差异。但是，如果您正在测试增益压缩并试图寻找 1 dB 压缩点，那么 2-3 dB 值将会造成显著的差异，同时进行源功率校准是必须的。另外，比如当用户采用前置放大器进行高功率测量时，对源功率进行校准也是至关重要。

此外，源功率校准应优先于接收机校准（为建立参考基准），同时在进行绝对功率测量时候，接收机校准也常常是需要的。

### 11. 什么是校准的最佳功率电平?

通常,校准应在与测量时候相同的激励/响应条件下进行。因此,在一个功率电平(没有放大器)下校准,随后又在不同的功率电平(带有放大器)下测量是不理想的。但是, MW PNA 产品的动态精度非常出色,所以在不同功率电平下校准不会造成明显的误差(参见频率低于 20 GHz 时的频率图)。用户应选择相同的功率范围(衰减器设置相同)内校准,而非在较高的功率电平下校准(无放大器),然后在测量过程中(带有放大器)减小功率电平。由于硬件设置在本质上是同样的,因此,精度几乎不会受到影响。最好在较高的功率电平(低于压缩)下进行校准,因为这会减小噪声造成的不确定性。

#### Magnitude\*



为了获得最佳测量精度,请选择测量和校准功率电平,以便测试设置功率电平保持在相对平坦的区域。

### 12. 在不同的测量过程中, 每个端口的功率电平会出现什么情况?

参数	端口 1	端口 2	说明
$S_{11}$	打开	关闭	
$S_{21}$	打开	关闭	
$S_{22}$	关闭	打开	
$S_{12}$	关闭	打开	
双端口校准的任意参数: $S_{11}$ 、 $S_{21}$ 、 $S_{12}$ 或 $S_{22}$	打开/关闭	打开/关闭	由于双端口校准要求所有的 4 个 S 参数, 所以功率会在两个端口间进行切换。
射频功率关闭	关闭	关闭	射频功率是全局参数并且应该在所有端口和通道上关闭。

### 13. 如果改变源功率或者接收机衰减, 双端口校准会出现什么情况?

如果您改变衰减器设置, 则校准将无效。如果您在执行校准后改变衰减器设置, 则您必须再次执行校准。

### 14. 错误信息“source unlevelled”是什么意思?

当源功率的设置值超过仪表标定最大功率值时会出现 unlevelled 的错误信息。降低功率电平可解决这个问题。在出现 unlevelled 信息的同时, 状态栏上还会显示 LVL。unlevelled 错误信息可能会短暂显示当设置衰减器时。但它不会影响测量精度, 因此可忽略不计。

### 15. 在回扫过程中 PNA 输出功率会出现什么情况？

功率电平在回扫过程中将保持不变，除非频带出现交叉。请参见下面关于频带交叉的问题。

### 16. 在频带切换过程中射频功率会出现什么情况？

MW PNA 有 20 多个频带。在频带切换过程中，固件将关闭射频功率。所以当您使用 ALC 测试高增益设备，当 PNA 切换频带时，输出功率关闭，此时被测件 ALC 将加大增益，几微秒之后，PNA 功率将会恢复；然而，在如此短时间内，DUT 或 PNA 也可能被损坏。下表列出了频带交叉的相关信息。

型号	频带	频率范围 (GHz)
E8362/3/4B	0	0-0.045
	1	0.045-0.748
	2	0.748-1.5
	3	1.5-3
	4	3-3.8
	5	4-4.5
	6	4.5-4.8
	7	4.8-6.0
	8	6.0-6.4
	9	6.4-7.6
	10	7.6-10
	11	10-12
	12	12-12.8
	13	12.8-15.2
	14	15.2-16
15	16-20	
E8363/4B	16	20-22.8
	17	22.8-25.6
	18	25.6-30
	19	30-32
	20	32-36
	21	36-38.4
	22	38.4-40
E8364B	23	40-45.6
	24	45.6-48
	25	48-50

### W 到 dBm 对照表

线性 (W)	对数 (dBm)
0.001	+ 0
0.01	+ 10
0.1	+ 20
1	+ 30
2	+ 33
10	+ 40
20	+ 43
40	+ 46
50	+ 47
100	+ 50
200	+ 53

## 附录： E8361A 67 GHz 网络分析仪信息

说明	指标			补充
接收机压缩电平（在测试端口进行的测量）				
	标准	选件 014	选件 014 和 UNL	典型值
10 至 45 MHz <sup>1, 2</sup>	可忽略不计	可忽略不计	可忽略不计	可忽略不计
45 至 500 MHz <sup>2, 3</sup>	在 -9.5 dBm <sup>4</sup> 时 < 0.1 dB, 在 -3 dBm 时 < 0.25 dB	在 -9.5 dBm <sup>4</sup> 时 < 0.1 dB, 在 -3 dBm 时 < 0.25 dB	在 -9.5 dBm <sup>4</sup> 时 < 0.1 dB, 在 -3 dBm 时 < 0.25 dB	在 +0.5 dBm <sup>4</sup> 时 < 0.1 dB, 在 +8 dBm 时 < 0.25 dB
500 MHz 至 5 GHz	在 -8 dBm <sup>4</sup> 时 < 0.1 dB, 在 -1 dBm 时 < 0.25 dB	在 -8 dBm <sup>4</sup> 时 < 0.1 dB, 在 -1 dBm 时 < 0.25 dB	在 -7 dBm <sup>4</sup> 时 < 0.1 dB, 在 0 dBm 时 < 0.25 dB	在 -4 dBm <sup>4</sup> 时 < 0.1 dB, 在 +3 dBm 时 < 0.25 dB
5 至 30 GHz	在 -8.5 dBm <sup>4</sup> 时 < 0.1 dB, 在 -2 dBm 时 < 0.25 dB	在 -8.5 dBm <sup>4</sup> 时 < 0.1 dB, 在 -2 dBm 时 < 0.25 dB	在 -6 dBm <sup>4</sup> 时 < 0.1 dB, 在 +1 dBm 时 < 0.25 dB	在 -1 dBm <sup>4</sup> 时 < 0.1 dB, 在 +6 dBm 时 < 0.25 dB
30 至 67 GHz	在 -10.5 dBm <sup>4</sup> 时 < 0.1 dB, 在 -7 dBm 时 < 0.15 dB	在 -8 dBm <sup>4</sup> 时 < 0.1 dB, 在 -4 dBm 时 < 0.15 dB	在 -9.5 dBm <sup>4</sup> 时 < 0.1 dB, 在 -6 dBm 时 < 0.15 dB	在 -2 dBm <sup>4, 5</sup> 时 < 0.1 dB, 在 +2 dBm 时 < 0.15 dB
67 至 70 GHz <sup>1</sup>				在 -2 dBm <sup>4, 5</sup> 时 < 0.1 dB, 在 +2 dBm 时 < 0.15 dB
损坏输入电平				
测试端口 1 和 2				+27 dBm 或 ± 40 VDC（典型值）
R1, R2 in				+15 dBm 或 ± 15 VDC（典型值）
A, B in				+15 dBm 或 ± 7 VDC（典型值）
耦合器直通（选件 014）				+27 dBm 或 ± 40 VDC（典型值）
耦合臂（选件 014）				+30 dBm 或 ± 7 VDC（典型值）

### 推荐使用高功率测量

- 建议使用带有可配置测试设备的网络分析仪，特别是当您需添加前置放大器时。
- 使用接收机衰减器，防止网络分析仪接收机压缩。
- 在 PNA 耦合器之后和接收机之前衰减输出信号，在 PNA 耦合器之前加衰减会降低方向性。
- 通过执行源功率校准来增加测量精度。
- 使用 PNA 频率偏移模式，无需通过外部参考通道进行锁相。
- 在进行功率计测量时，使用高功率的功率传感器。
- 将测试端口 1 和端口 2 功率去耦，以控制正向和反向功率电平。充分利用两个独立的源衰减器。

1. 典型性能
2. 在低于 500MHz 以下，由于耦合器影响该值可忽略不计。
3. 指定值是指 500 MHz 时的最坏压缩情况。
4. 此压缩电平是根据 30 dBm 基准测试端口功率的动态精度曲线而获得。
5. 选件 016 会使性能下降 3 dB。

## 网络资源

如欲获得更多产品信息和资料，请访问我们的网站。

微波和射频网络分析仪：

[www.agilent.com/find/na](http://www.agilent.com/find/na)

PNA 微波网络分析仪：

[www.agilent.com/find/pna](http://www.agilent.com/find/pna)

电子校准 (ECal)：

[www.agilent.com/find/ecal](http://www.agilent.com/find/ecal)

测试和测量附件：

[www.agilent.com/find/accessories](http://www.agilent.com/find/accessories)

### 安捷伦科技有限公司总部

地址：北京市朝阳区建国路乙118号  
招商局中心04楼京汇大厦16层  
邮编：100022  
电话：65647888,800-8100189  
传真：65668223

### 上海分公司

地址：上海市西藏中路268号  
来福士广场办公楼7层  
邮编：200001  
电话：021-23017688  
传真：021-63403000

### 成都分公司

地址：成都市下南大街2号  
天府绿洲大厦0908-0912层  
邮编：610012  
电话：028-86165500  
传真：028-86165501

### 广州分公司

地址：广州市天河北路233号  
中信广场66层07-08室  
邮编：510613  
电话：020-86685500  
传真：020-86695074

### 深圳分公司

地址：深圳市深南东路5002号  
信兴广场地王商业中心  
4912-4915室  
邮编：518008  
电话：0755-82465500  
传真：0755-82460880

### 西安办事处

地址：西安市科技二路68号  
西安软件园A106室  
邮编：710075  
电话：029-7669811, 7669812  
传真：029-7669810

### 香港有限公司

地址：香港太古城英皇道1111号  
太古城中心1座24楼  
电话：852-31977777  
传真：852-25069256



### 安捷伦电子邮件通知

请访问 [www.agilent.com/find/emailupdates](http://www.agilent.com/find/emailupdates)

以获得所选产品和应用的最新信息。

5989-1349CHCN

2005年2月

张秋/兰秀校



Agilent Technologies