



# 中华人民共和国通信行业标准

YD/T 2827.5-2015

---

## 无线通信射频和微波器件无源互调电平 测量方法

### 第 5 部分：滤波器类器件

Passive RF and microwave devices, intermodulation level measurement  
Part5: Measurement of passive intermodulation in filters

2015-04-30 发布

2015-07-01 实施

---

中华人民共和国工业和信息化部 发布



# 目 次

|                         |    |
|-------------------------|----|
| 前 言                     | II |
| 1 范围                    | 1  |
| 2 规范性引用文件               | 1  |
| 3 缩略语                   | 1  |
| 4 无源互调测量一般性指导意见         | 1  |
| 4.1 测量误差源：双向双工器         | 1  |
| 4.2 环境和动态无源互调测试条件       | 2  |
| 4.3 总的测试步骤              | 2  |
| 5 无源互调测试方案              | 2  |
| 5.1 概述                  | 2  |
| 5.2 发射 (TX) 频带的无源互调测试方案 | 3  |
| 5.2 接收 (RX) 频带的无源互调测试方案 | 5  |
| 5.3 接收带无源互调测试 (注入干扰)    | 6  |



## 前 言

YD/T 2827《无线通信射频和微波器件无源互调电平测量方法》分为6个部分：

- 第1部分：通用要求；
- 第2部分：同轴电缆组件；
- 第3部分：同轴连接器；
- 第4部分：同轴电缆；
- 第5部分：滤波器类器件；
- 第6部分：天线。

本部分为 YD/T 2827 的第 5 部分。

本部分按照 GB/T 1.1-2009 给出的规则起草

本部分使用翻译法等同采用了 IEC 62037-5: 2013, “Passive RF and microwave devices, intermodulation level measurement: Part 5: Measurement of passive intermodulation in filters”。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本部分由中国通信标准化协会提出并归口。

本部分起草单位：工业和信息化部电信研究院、中国移动通信集团公司、中国联合网络通信集团有限公司、中国电信集团公司、京信通信系统（中国）有限公司、三维通信股份有限公司、华为技术有限公司。

本部分主要起草人：刘 罡、李新中、赵 杰、庞 伟、林显添、张需溥、李 科、张 宇、陈 林。



# 无线通信射频和微波器件无源互调电平测量方法

## 第5部分：滤波器类器件

### 1 范围

本部分规定了滤波器类器件无源互调测量方法，包括具体测试设备配置、测试条件和测试方法。通信系统中滤波器类无源器件包括滤波器、合路器、双工器、功分器、耦合器、电桥、衰减器和负载等。特别针对应用于无线通信系统里的滤波器类器件无源互调测量。

本部分适用于通信系统中的滤波器类器件的无源互调的测量。

### 2 规范性引用文件

下列文件对本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修订单）适用于本文件。

YD/T 2827.1-2015 无线通信射频和微波器件无源互调电平测量方法 第1部分：通用要求（IEC 62037-1:2012, MOD）

### 3 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

|     |                         |      |
|-----|-------------------------|------|
| DUT | Device Under Test       | 被测设备 |
| IM  | Intermodulation         | 互调   |
| PIM | Passive Intermodulation | 无源互调 |

### 4 无源互调测量一般性指导意见

#### 4.1 测量误差源：双向双工器

无源互调测量时，如果没有遵循相关测试原则，很可能会产生较大测量误差。无源互调具有频率相关特性，无源互调产物与输入信号产生谐波及谐波的组合有关系，所以对于无源互调测量装置，不但应考虑在输入载波信号时的系统特性，还应考虑系统在谐波时的性能。图1所示给出PIM在接收带内的无源互调测量装置，该装置用来测量双端口器件产生落到接收带范围内的无源互调产物电平值。该装置使用两个双工器（双向双工器），其中一个用于反射互调测量，另外一个用于传输互调测量。

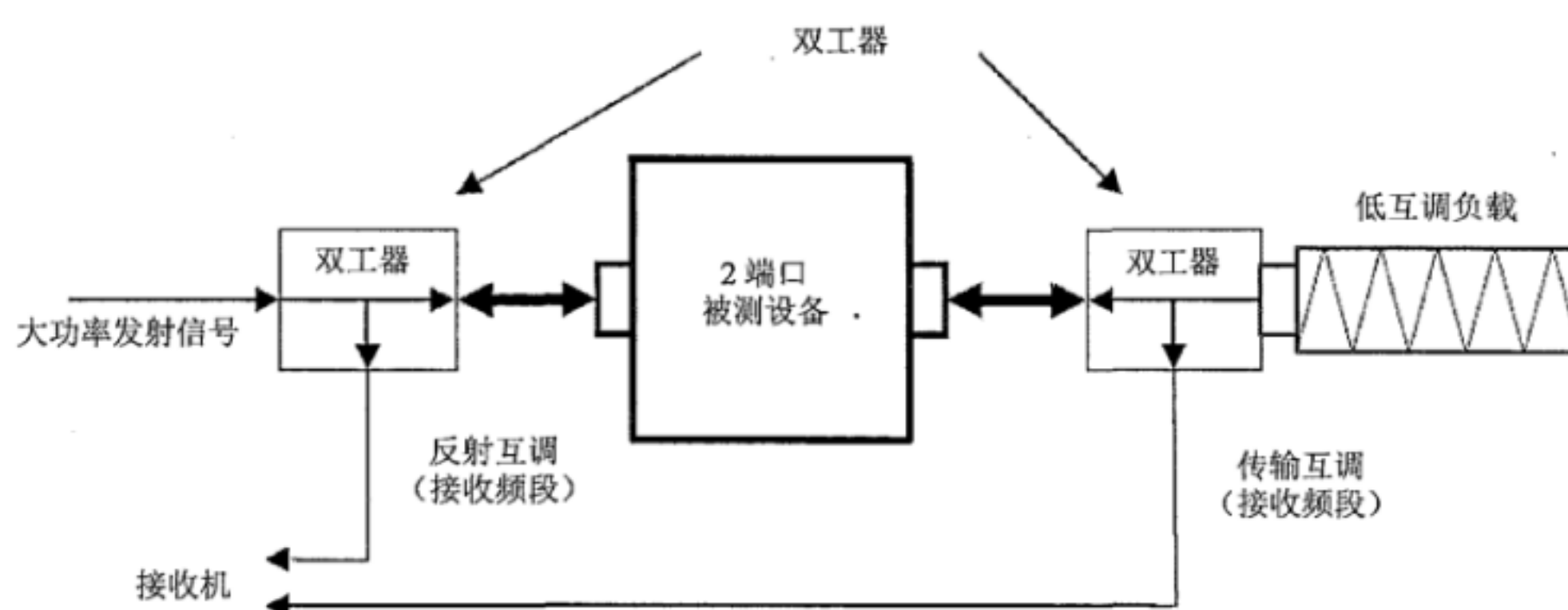


图1 典型的接收带无源互调测试配置



由于双工器具有频率选择特性,对于主信号和落入接收带内的无源互调产物而言,双工器提供通路,可以认为主信号及落入接收带内的互调产物被负载吸收,因此可以认为被测设备端接匹配负载,但是对于主信号之外的谐波信号,被测设备不能认为端接匹配负载,而是匹配不良,在谐波频率处引起驻波,这些谐波可能会成为新无源互调的产生源,因此对于反射互调测试,两端口设备的输出口应直接连接低互调负载,而不要连接测试设备传输互调测试端口。此外,被测器件的无源互调响应将会变得高度依赖被测设备的电长度,因为驻波的波峰和波谷位置随电长度而改变,理论上可以将无源互调产生归为一个点源,波峰和波谷会影响到该点源处激励信号大小,因此无源互调电平值会随着被测设备电长度的改变而改变。

#### 4.2 环境和动态无源互调测试条件

无源互调环境和动态测试包括振动或者热冲击,在测试互调时当环境和动态测试作用在被测设备上时,此时无源互调电平测量可能不准确,测量结果的一致性也可能会比较差。以下重要因素严重影响着此类无源互调测试,需要特别注意:

a) 被测设备和测试系统间的隔离——任何环境和动态的应力作用于被测设备上时,应保证与测试系统隔离,不对测试系统造成影响。两者之间隔离是否充分不仅影响测试系统的可靠性和维护,而且直接影响测试的可重复性。也就是说,在一系列的测试之后,测试系统的一些部件可能会需要更换,由于更换部件的特性不一致,导致随后测试的测试结果与此前结果相比可能产生偏差。

b) 测量重复性——理论上,在一定的精度范围内,应能重复获得特定的测量结果。然而,无源互调本身受影响因素多且敏感,导致实际测试中往往很难达到期望的精度。

c) 应力的重复性——在被测设备上施加特定应力的情况下,对于相同和不同被测器件的无源互调测量,这种应力应是可重复的。然而,经验表明,特定应力的重复性会远远低于普通环境下的无源互调测试结果的重复性,所以标准中对于应力的要求应严格规定。

基于这些因素,目前并不推荐在测量滤波器类器件无源互调同时,将热应力或者振动也作用在被测设备上。

为了说明在经历某些振动之后,被测设备仍能保持稳定无源互调特性,可以采取某些特定动态试验。这种动态试验采取的形式包括用器具轻拍器件,前提保证这些器具不会破坏器件的表面,可以选择例如尼龙棒或者硬橡皮锤。

#### 4.3 总的测试步骤

根据具体特定的测试要求,可从第5章给出的测试方案中选择合适的测试设备。

- a) 在测试之前,需要校准测试设备,以得到准确的发射载波信号和接收互调信号;
- b) 将测试设备与被测器件连接;
- c) 按照规定功率及频率发射两路载波。利用测试设备的接收机测量互调信号电平。

### 5 无源互调测试方案

#### 5.1 概述

由于滤波器类器件的应用环境及要求不同,导致无源互调的测试方案并不固定,不能用一种方法测量所有无源器件,下面是一些测试方案示意图。在表1中,每一张图对应一个特定的测试方案。需要指出的是,YD/T 2827.1-2015《无线通信射频和微波器件无源互调电平测量方法 第1部分:通用要求》给



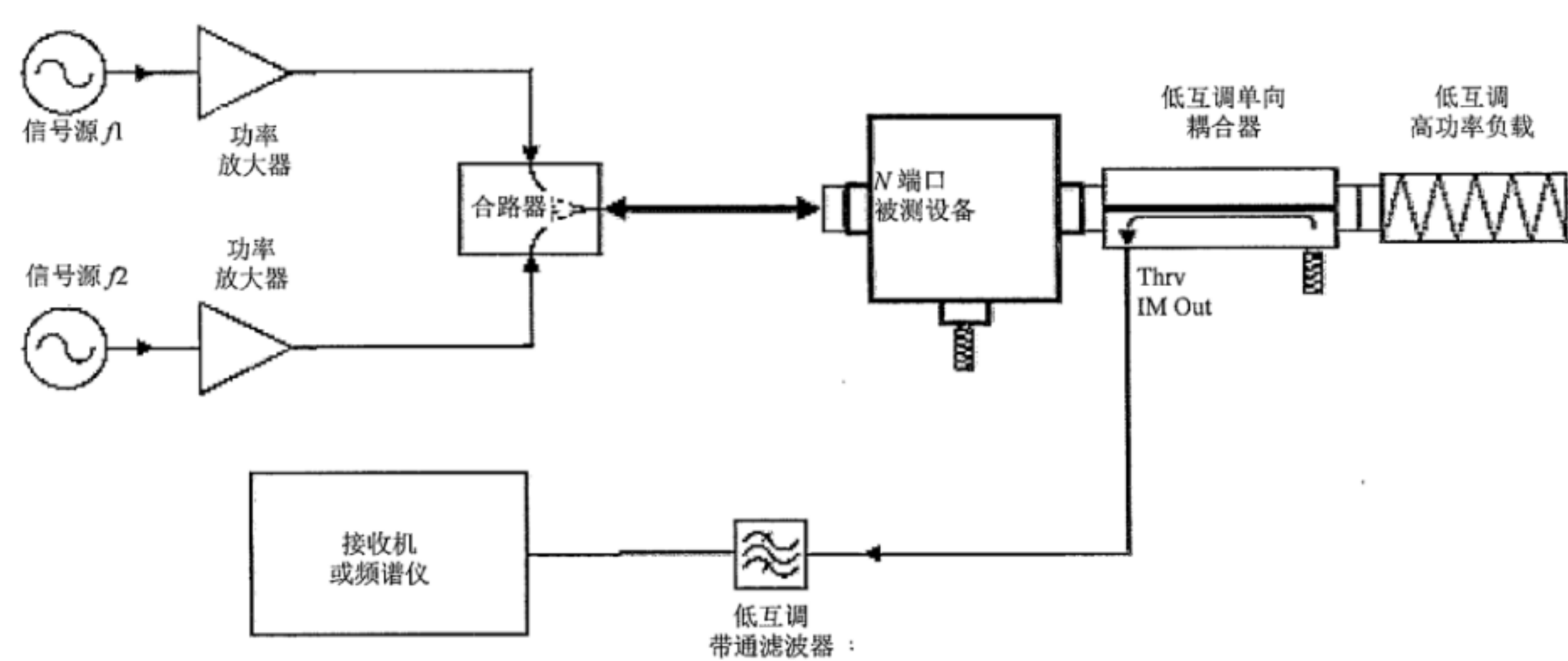
出包括反射和传输测试的两个基本测试方案，而本章中这些测试方案来自于两个基本方案的修改或变形，这些修正使滤波器类器件互调测试更能满足具体应用需求。

在对滤波器类器件进行测量之前，检查测试设备的残余无源互调电平是非常重要的。为了最大程度减小系统误差，这个值应至少低于被测器件的无源互调电平10dB以下。该项测试可以按照以下方案进行，去掉正常测试状态下的被测器件代替以低互调电缆直接连接，按照常规测试方法获得无源互调电平。图5和图8所地示的两种测试方案的残余互调电平会有一些不同，对于这两种配置，图5和图8中给出了一个测试点，可以在这一点测量被测器件移除后的残余互调电平。

表1 无源互调测试方案汇总表格

| 测试类型          | 发射频带     | 接收频带     |               |
|---------------|----------|----------|---------------|
|               | 2 路高功率载波 | 2 路高功率载波 | 1 路高功率载波+注入干扰 |
| $N$ 端口，传输互调   | 图 2      | 图 3      | 图 6           |
| $N$ 端口，反射互调   |          | 图 4      | 图 7           |
| $N$ 端口，接收端口互调 |          | 图 5      | 图 8           |

注：图 5 和图 8 所示描述的测试方案，是在滤波器类器件的接收(Rx)端口测量无源互调。这些方案与图 4 和图 7 所示的测量反向无源互调方案明显不同，这些不同最终导致对无源互调的测量结果也会不同，因此，为了测量不同种类滤波器类器件的无源互调特性，使用合适的测试设备是非常重要的。



合路器和带阻/低通滤波器可以用来优化互调测试系统性能，利用合路器端口之间隔离度及滤波器滤波作用，抑制发射信号带外杂散信号，使设备残余互调降低到可接受的水平。

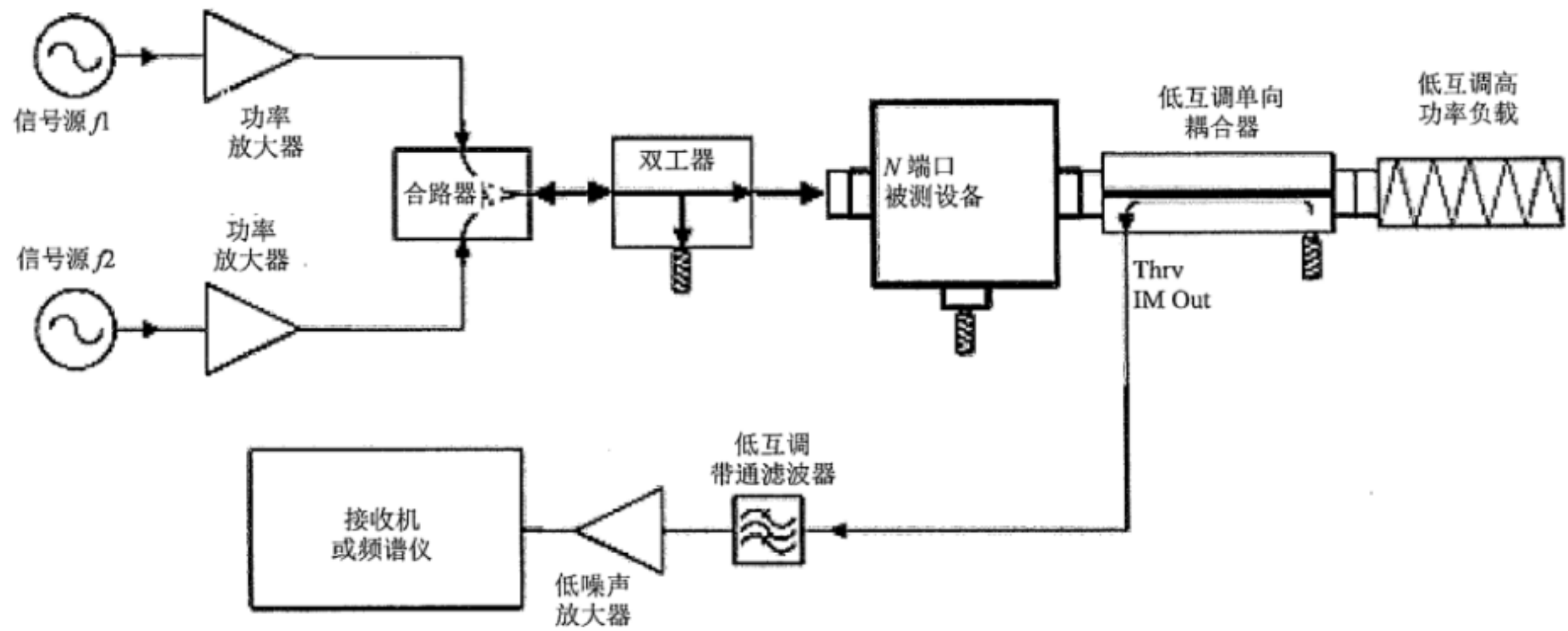
为避免发射载波信号进入接收机/频谱分析仪内而产生新的互调信号，并且保证接收机/频谱分析仪有一个足够的动态范围，建议在接收机/频谱仪之前加带通滤波器。

未使用的被测设备端口应接匹配低互调负载。

图中低互调耦合器可以用合适的双工器代替：

- a) 强烈建议该双工器在发射和接收频段都有良好的驻波比。
- b) 无论双工器的驻波比多么良好，驻波比只能接近而不能等于1，导致双工器和被测件潜在存在反射现象，当发射信号通过双工器进入被测件，会在双工器和被测件之间造成多次反射，这一点应充分认识到。

图2 典型的发射带传输无源互调测试方案（两个大功率载波）



图中低互调耦合器可以用合适的双工器代替：

a) 该双工器在发射和接收频段均应有良好的驻波比。

b) 无论双工器的驻波比多么良好，驻波比只能接近而不能等于1，导致双工器和被测件潜在存在反射现象，当发射信号通过双工器进入被测件，会在双工器和被测件之间造成多次反射，这一点应充分认识到。

图中合路器/双工器可以用合适的多工器代替：

a) 该多工器在发射和接收频段均应有良好的驻波比。

b) 无论多工器的驻波比多么良好，驻波比只能接近而不能等于1，导致多工器和被测件潜在存在反射现象，当发射信号通过多工器进入被测件，会在多工器和被测件之间造成多次反射，这一点应充分认识到。

图3 典型的接收带传输无源互调测试方案（2 个大功率载波）

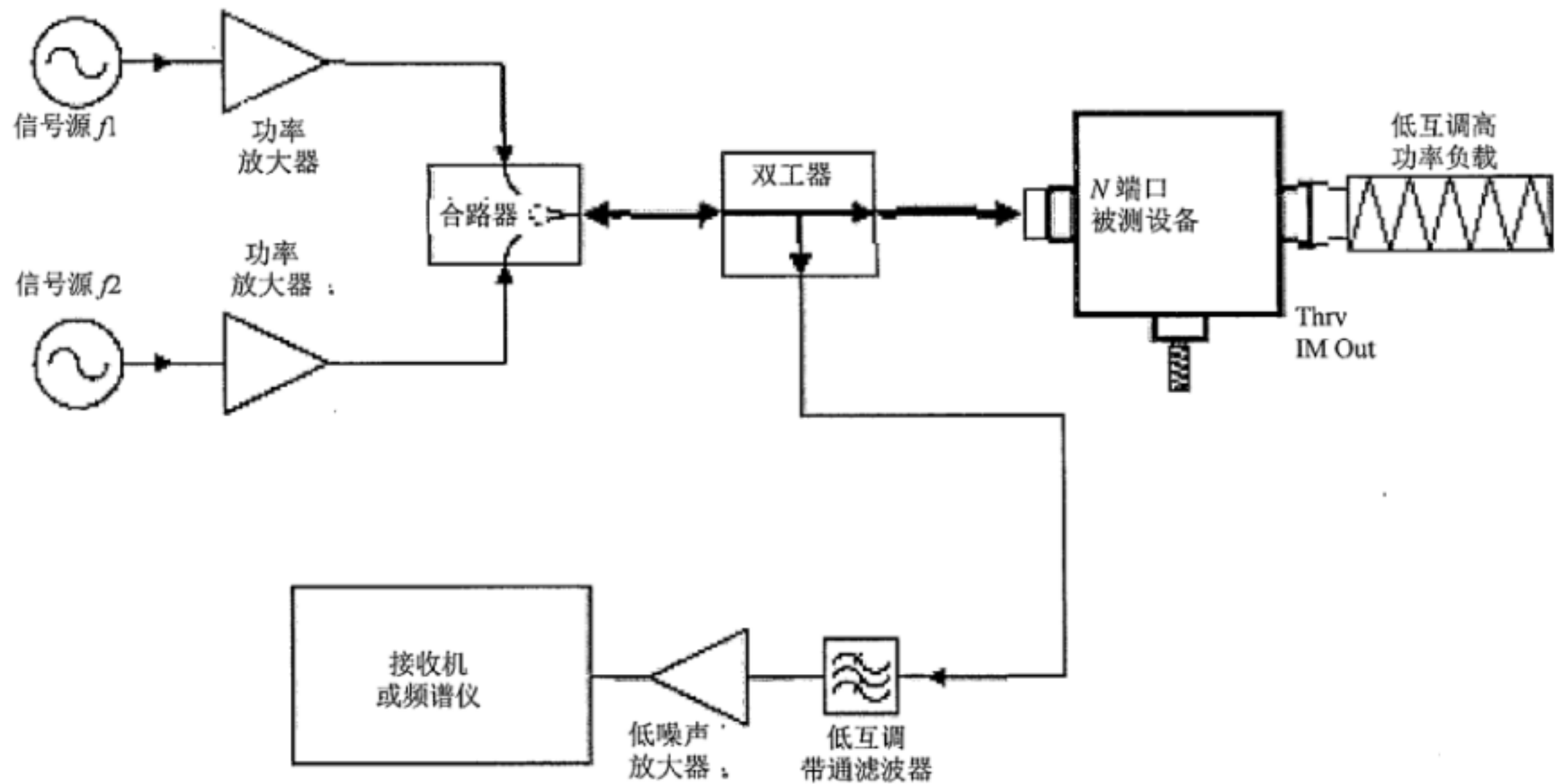
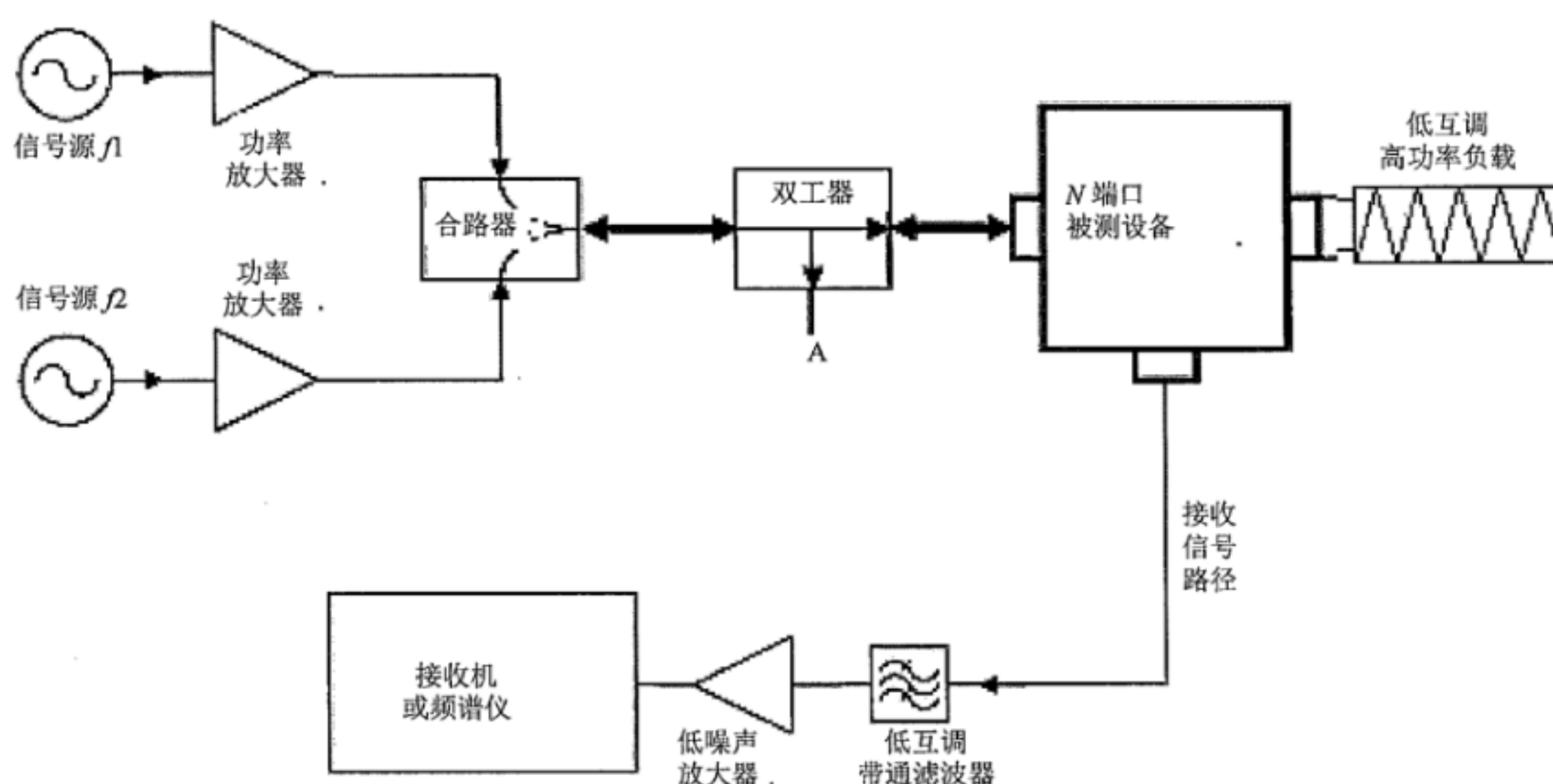


图4 典型的接收带反射无源互调测试方案（2 个大功率载波）



点A作为一个测试点来监控测试设备的残余互调（DUT被移除后）。

图中合路器/双工器可以用合适的多工器代替：

- a) 该多工器在发射和接收频段均应有良好的驻波比。
- b) 无论该多工器的驻波比多么良好，驻波比只能接近而不能等于1，导致多工器和被测件潜在存在反射现象，当发射信号通过多工器进入被测件，会在多工器和被测件之间造成多次反射，这一点应充分认识到。

图5 典型的接收带接收端口无源互调测试方案（2 个大功率载波）

注：

对比图4和图5，注意以下问题：

- 1) 合路器和带阻/低通滤波器可以用来优化互调测试系统性能，利用合路器端口之间隔离度及滤波器滤波作用，抑制发射信号带外杂散信号，使设备残余互调降低到可接受的水平。
- 2) 为避免发射载波信号进入接收机/频谱分析仪内而产生新的互调信号，并且保证接收机/频谱分析仪有一个足够的动态范围，建议在接收机/频谱仪之前加带通滤波器和低噪声放大器。
- 3) 无论双工器的驻波比多么良好，驻波比只能接近而不能等于1，导致双工器和被测件潜在存在反射现象，当发射信号通过多工器进入被测件，会在双工器和被测件之间造成多次反射，这一点应充分认识到。
- 4) 该多工器在发射和接收频段均应有良好的驻波比。
- 5) 未使用的DUT端口应连接匹配负载。

## 5.2 发射（TX）频带的无源互调测试方案

发射（TX）频带的无源互调测试用来测量落到发射带内的无源互调电平，发射频带的无源互调测试主要用于隔离器等高互调值的滤波器类器件或对传输信号波形质量（EVM误差向量幅度）有特定要求的滤波器类器件，除隔离器和环行器之外的其他常规滤波器类器件一般不对此项要求进行测试，在这个测试方案里，两个发射载波合路后先后通过测试电缆和被测器件，这两个大信号通过被测设备后，需要充分衰减这两个载波，防止两个载波信号进入接收机后产生新的互调产物以及可能对接收机造成的损害。在本测试里，由于被测器件产生的互调信号电平足够高，因而就不需要低噪放再进行放大了。

## 5.3 接收（RX）频带的无源互调测试方案

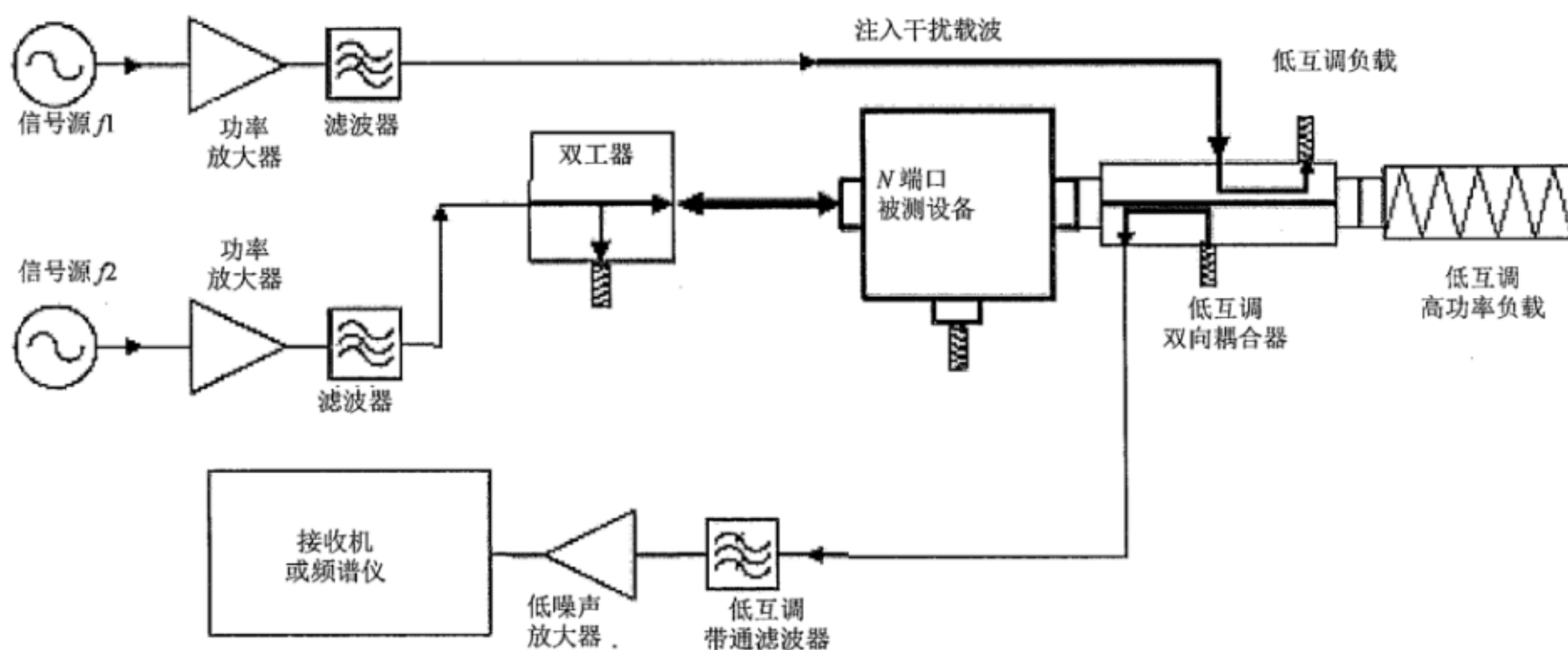


接收带无源互调测试用来测量落到接收带内的无源互调产物，相比于发射频带互调测试，对设备测试灵敏度要求更高。基于这个原因，在接收机（或频谱仪）的前面，要增加低噪放和带通滤波器。

相比较发射带（TX）互调测试，接收（RX）频带无源互调测试应用更为广泛，可以对包含功分器、耦合器、电桥、接头、电缆、天线等几乎所有常规无源器件进行测试（也可应用于隔离器、环行器测量），对于N端口设备的接收带传输和反射无源互调测试，示意图如图3、图4和图5所示。

#### 5.4 接收带无源互调测试（注入干扰）

为了模拟滤波器类器件在实际应用中由于内部发射信号和外部干扰信号引起的无源互调特性，注入干扰互调测试方法被采用。在测试过程中，一个载波保持高功率，另一个载波功率相对于前一载波降低20dB至40dB。图6、图7和图8所示给出了典型的测试方案示意图。



图中低互调耦合器可以用合适的双工器代替：

- 该双工器在发射和接收频段均应有良好的驻波比。
- 无论双工器的驻波比多么良好，驻波比只能接近而不能等于1，导致双工器和被测件潜在存在反射现象，当发射信号通过双工器进入被测件，会在双工器和被测件之间造成多次反射，这一点应充分认识到。

图6 典型的接收带传输无源互调测试方案（注入干扰）

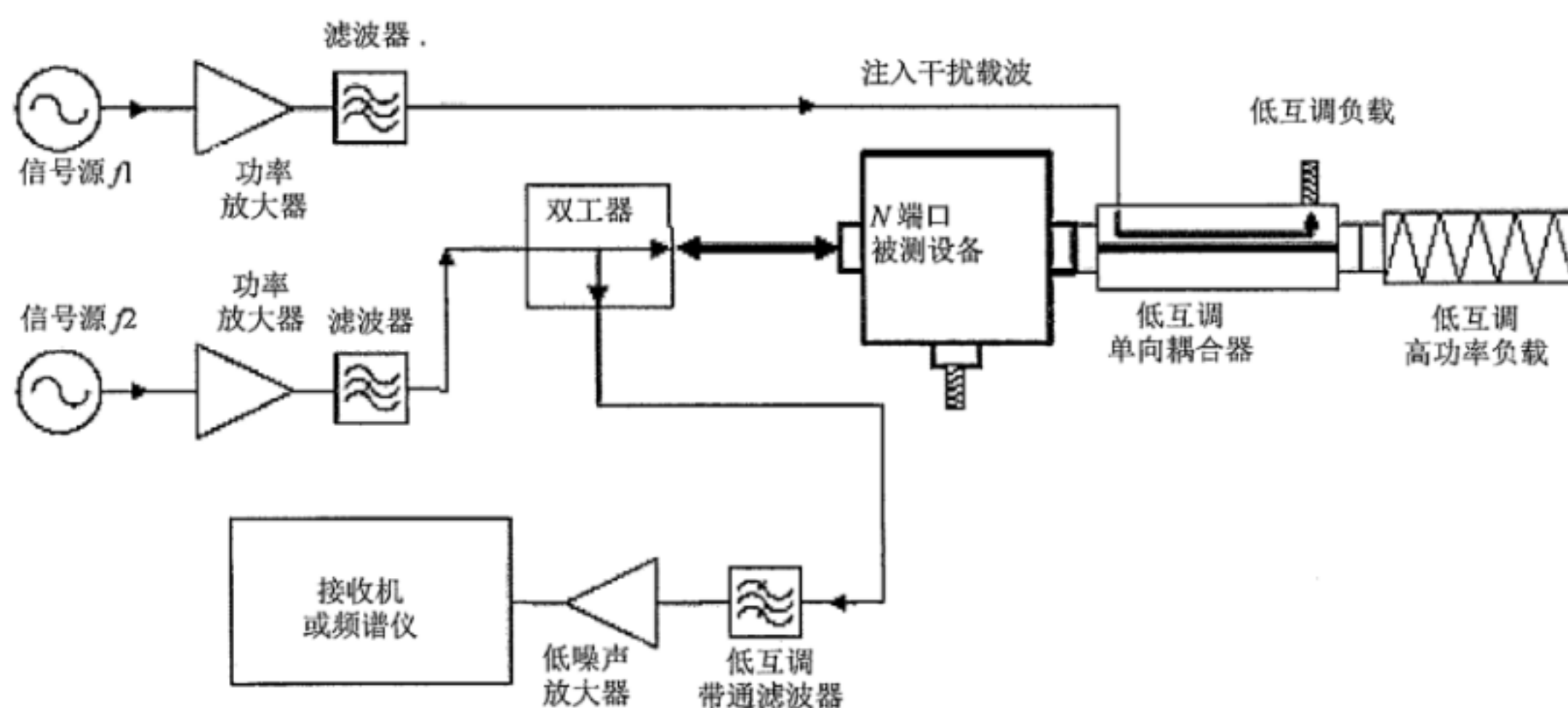
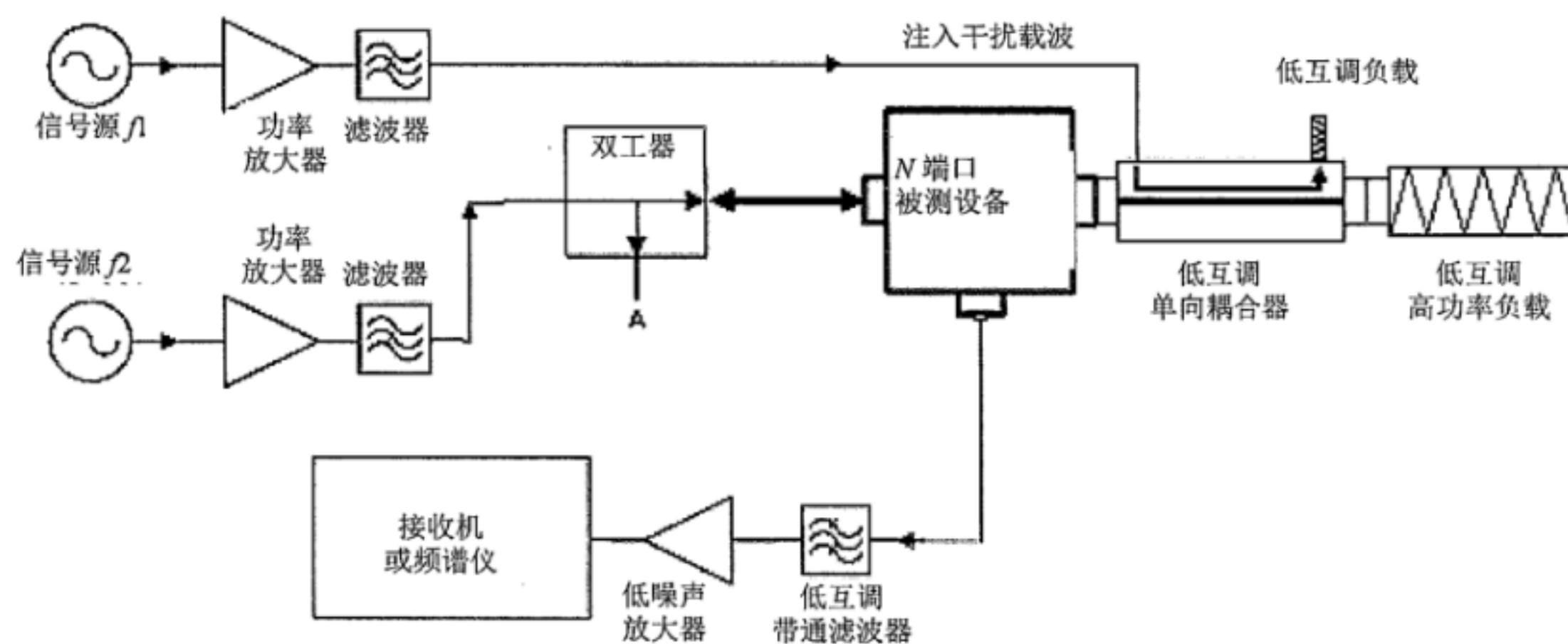


图7 典型的接收带反射无源互调测试方案（注入干扰）



点 A 被用作一个测试点来监控测试设备的残余互调值 (DUT 被移除后)

图8 典型的接收带接收端口无源互调测试方案 (注入干扰)

注：在图6、图7和图8中：

- 由于天线和双工器潜在的反射特性，应认识到这种机制支持多路径。
- 为了减小功放在注入干扰频带范围内的带外杂散电平，可以通过使用f1带通滤波器来满足要求。
- 未使用的DUT端口应连接匹配负载。







中华人民共和国  
通信行业标准  
无线通信射频和微波器件无源互调电平测量方法  
第5部分：滤波器类器件

YD/T 2827.5-2015

\*

人民邮电出版社出版发行  
北京市丰台区成寿寺路11号邮电出版大厦  
邮政编码：100164  
北京康利胶印厂印刷  
版权所有 不得翻印

\*

开本：880×1230 1/16 2015年12月第1版  
印张：1 2015年12月北京第1次印刷  
字数：20千字

15115·698

定价：10元

本书如有印装质量问题，请与本社联系 电话：(010)81055492