

**SJ**

中华人民共和国电子行业军用标准

FL 6625

SJ 20495—1995

---

射频网络分析仪(系统)  
测试方法

Test methods for RF  
network analyzer(system)

1995-05-25 发布

1995-12-01 实施

---

中华人民共和国电子工业部 批准

# 中华人民共和国电子行业军用标准

## 射频网络分析仪(系统)测试方法

SJ 20495—1995

Test methods for RF  
network analyzer(system)

### 1 范围

#### 1.1 主题内容

本标准规定了射频网络分析仪(系统)(以下简称网络仪)的性能特性测试方法。

#### 1.2 适用范围

本标准适用于以合成信号发生器、接收机、S参数测试单元组成的典型射频网络分析仪(系统)的性能特性测试。

### 2 引用文件

- |             |                        |
|-------------|------------------------|
| GB 6592—86  | 电子测量仪器误差的一般规定          |
| GB 11464—89 | 电子测量仪器术语               |
| SJ 20372—93 | 军用电子测试设备通用规范 环境要求和试验方法 |
| SJ 20494—95 | 射频网络分析仪(系统)通用规范        |

### 3 定义

除本标准定义的术语外,其余术语的定义符合 GB 11464。

#### 3.1 射频网络分析仪 RF network analyzer

是一种能完成线性网络的复传输和复反射参数测量和分析的仪器。如由合成正弦波信号发生器、S参数测试单元和接收机组成的射频网络分析系统,能够测量和分析来自 S 参数测试单元的射频信号,并显示处理结果。它具有按某种误差模型的要求,进行测量校准、自动修正误差的能力。

#### 3.2 S参数测试单元 S-parameter test set

能按反射、传输特性要求,进行 S 参数测试的装置。

#### 3.3 接收机 receiver

利用取样、锁相、变频技术完成来自两路或两路以上射频信号采样、变换、指示的装置。

#### 3.4 输入电平 input level

加到装置、设备、单元输入端的功率、电压或电流的电平,通常以分贝数表示。

中华人民共和国电子工业部 1995-05-25 发布

1995-12-01 实施

**3.5 电平平坦度 level flatness**

在规定的频率范围内和规定的输出电平下,输出电平的起伏变化,通常以分贝数表示。

**3.6 频率响应(频响) frequency response**

在规定的频率范围内和规定的输入功率条件下,随频率的变化而对应的幅度的最大值与最小值之间的变化以及相位偏离线性度的最大值与最小值。通常幅度的最大值与最小值之间的变化以分贝数表示。偏离相位线性度的最大值与最小值之间的变化以度数表示。

**3.7 插入损耗 insertion loss**

在规定的工作条件下,加到装置、设备、单元输入端口的功率  $P_1$  与之构成通道的各输出端口上所呈现的功率  $P_i$  之比的分贝数。定量表示为:

$$\text{插入损耗 } L_{i-1} = 10\lg(P_1/P_i) (\text{dB})$$

**3.8 隔离度 isolation**

在 S 参数测试单元的任何两个测试端口之间,当全部测试端口都同无反射端接方法终接时,在不期望传播方向所存在的剩余信号量,通常以分贝数表示。

**3.9 等效方向性 equivalent directivity**

在 S 参数测试单元上,测试端口全反射与全吸收时,检测端得到的信号幅度比值,通常以分贝数表示。

**3.10 等效源失配 equivalent source mismatch**

从 S 参数测试单元的测试端口向合成信号发生器方向看去的电压驻波比。等效源失配通常以驻波比表示,也可用反射系数或分贝数表示。

**3.11 等效负载失配 equivalent load mismatch**

从 S 参数测试单元的测试端口向终端方向看去的电压驻波比。其值通常以驻波比表示,也可用反射系数或分贝数表示。

**3.12 开关重复性 switch repeatability**

S 参数测试单元上测试端口的开关往复若干次,原先出现在显示器上的曲线与开关往复后出现在显示器上的曲线的吻合程度或两者的差值。其值通常以分贝数表示。

**3.13 直流偏置 dc bias**

通过直流通路为被测件提供的直流电压和直流电流。

**3.14 源串扰 source crosstalk**

在合成信号发生器输出端接  $50\Omega$  负载时,从合成信号发生器输出和接收机输入通道间泄漏的射频干扰量与特征量之比。其值以分贝数表示。

**3.15 输入串扰 input crosstalk**

接收机的输入通道间射频信号泄漏的干扰量与特征量之比,其值以分贝数表示。

**3.16 踪迹 trace**

在规定的频率范围内,频率响应的均方根值。

**3.17 踪迹扰动 trace disturbance**

由各种串扰和数据采集系统引入的噪声,反映在显示器上曲线不规则的起伏量与特征量之比。其值以分贝数表示。

**3.18 测量校准 measurement calibration**

测量校准是提高测量准确度的一种方法,是通过测量性能已知的标准件的性能,按照误差模型,求解系统误差,达到以已知标准件的准确度来模拟系统的特性,提高测量准确度的目的。



### 3.19 剩余误差 residual errors

经过测量校准后所剩余的系统误差。

### 3.20 系统误差模型 system error model

能恰当地描述一个固定功能系统,在工作运行过程中,各误差源的相互作用关系的数学表达式或信号流图。

## 4 一般要求

4.1 本标准未作规定的性能特性,若详细规范中有要求时,详细规范应规定其相应的测试方法。

4.2 被测网络仪应符合 GB 6592 中 3.6.1~3.6.3 条的要求,与测试设备的连接应合理可靠。

4.3 本标准仅规定了有关特性的基本测试方法,也可采用其他方法测试。但当产生异议时,应采用本标准规定的测试方法进行仲裁。

4.4 用于测试网络仪性能特性的仪器,应符合其详细规范的规定。测试仪器要按规定进行校准和检查,其误差应符合 GB 6592 中 3.5 条的要求。

4.5 网络仪性能特性测试的标准大气条件应符合 SJ 20372 中 4.2.1.1 条和 4.2.1.2 条的规定。基准工作条件(大气条件除外)应符合 GB 6592 中表 2 的规定,并在详细规范中加以明确。

## 5 详细要求

### 5.1 网络仪系统性能特性测试方法

#### 5.1.1 频率范围、动态范围和幅度动态精度。

##### 5.1.1.1 测试系统框图

如图 1 所示。

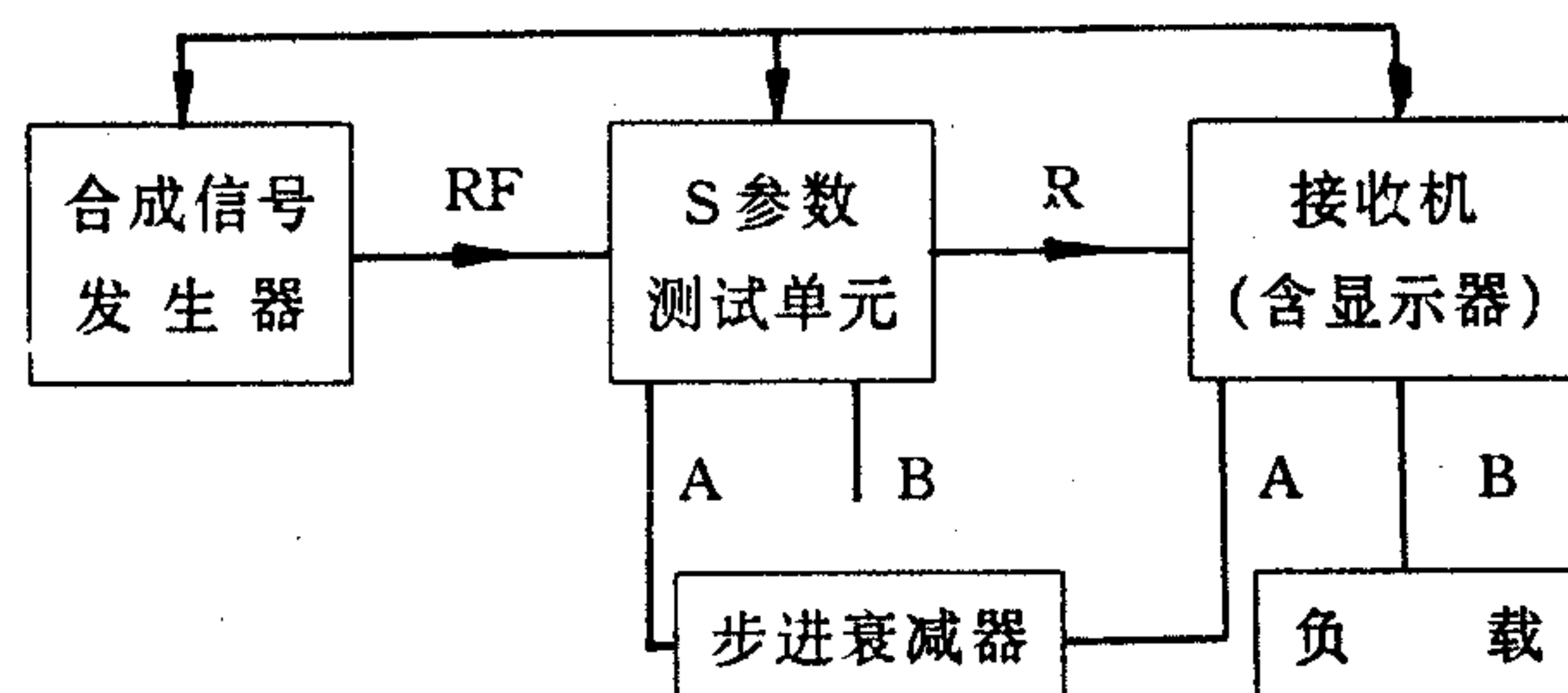


图 1

##### 5.1.1.2 测试方法

a. 置合成信号发生器于扫频工作状态,起点为最低工作频率,终点为最高工作频率。输出电平调至接收机最大可接收的规定值;

b. 扫频测试,增加步进衰减器的衰减量,同时记录步进衰减器的衰减量值和显示器显示的衰减测量量值,两者之差即为幅度动态精度分贝数;

c. 将图中 A、B 通道连接件互换位置,重复上 b 条操作。

##### 5.1.1.3 处理结果

将测得的动态精度值与规定的动态精度值比较,应优于规定值。优于动态精度规定值时所对应的衰减量和起点最低工作频率值及终点最高工作频率值即为动态范围和频率范围,均

要优于规定值。

## 5.1.2 噪声基底电平

### 5.1.2.1 测试系统框图

如图 2 所示。

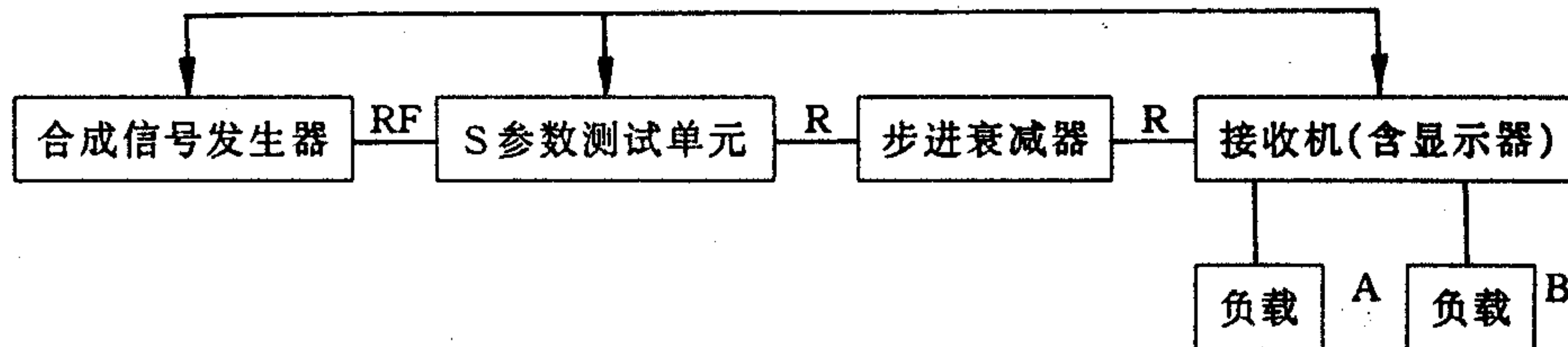


图 2

### 5.1.2.2 测试方法

- a. 置合成信号发生器于扫频工作状态, 起止扫频频率对应于网络仪工作频率范围;
- b. 增加步进衰减器的衰减量, 并记录显示的噪声电平值。

### 5.1.2.3 处理结果

当测试中进一步增加衰减器的衰减量, 噪声电平无明显变化时, 显示器显示值就是噪声基底电平值。它应优于规定值。

## 5.1.3 显示器和连接接口

### 5.1.3.1 测试系统框图

按详细规范的规定。

### 5.1.3.2 测试方法

用目视法并结合操作, 按 SJ 20494 中 3.5.1.5 条和详细规范要求进行检查。

### 5.1.3.3 处理结果

网络仪配有多色屏幕显示器, GP—I B 连接接口与标准插头匹配; 显示内容和打印内容不一致性在规定的范围内; 显示器和连接接口的其他测试结果符合详细规范的规定。

## 5.1.4 微处理器、内存和软件

### 5.1.4.1 测试方法

用目视并结合操作, 按 SJ 20494 中 3.5.1.6 条和详细规范要求进行检查。

### 5.1.4.2 处理结果

微处理器、存储器容量、软件运行结果都符合规定要求; 按详细规范测试的项目合格。

## 5.1.5 自动功能

### 5.1.5.1 测试方法

用目视法按 SJ 20494 中 3.5.1.7 条和详细规范要求, 模拟使用方法进行检查。

### 5.1.5.2 处理结果

自诊断、自校准、自测试、远控功能运行正确完成, 符合规定; 状态标志明显, 状态锁定可靠; 按详细规范规定的测试合格。

## 5.1.6 标准件

### 5.1.6.1 测试方法

按详细规范的规定进行。

### 5.1.6.2 处理结果

## SJ 20495—1995

标准件品种、数量符合规定,各标准件的网络参量数据齐全。

## 5.1.7 测量误差修正和幅度、相位测量不确定度

## 5.1.7.1 测试系统框图

如图 3 所示。

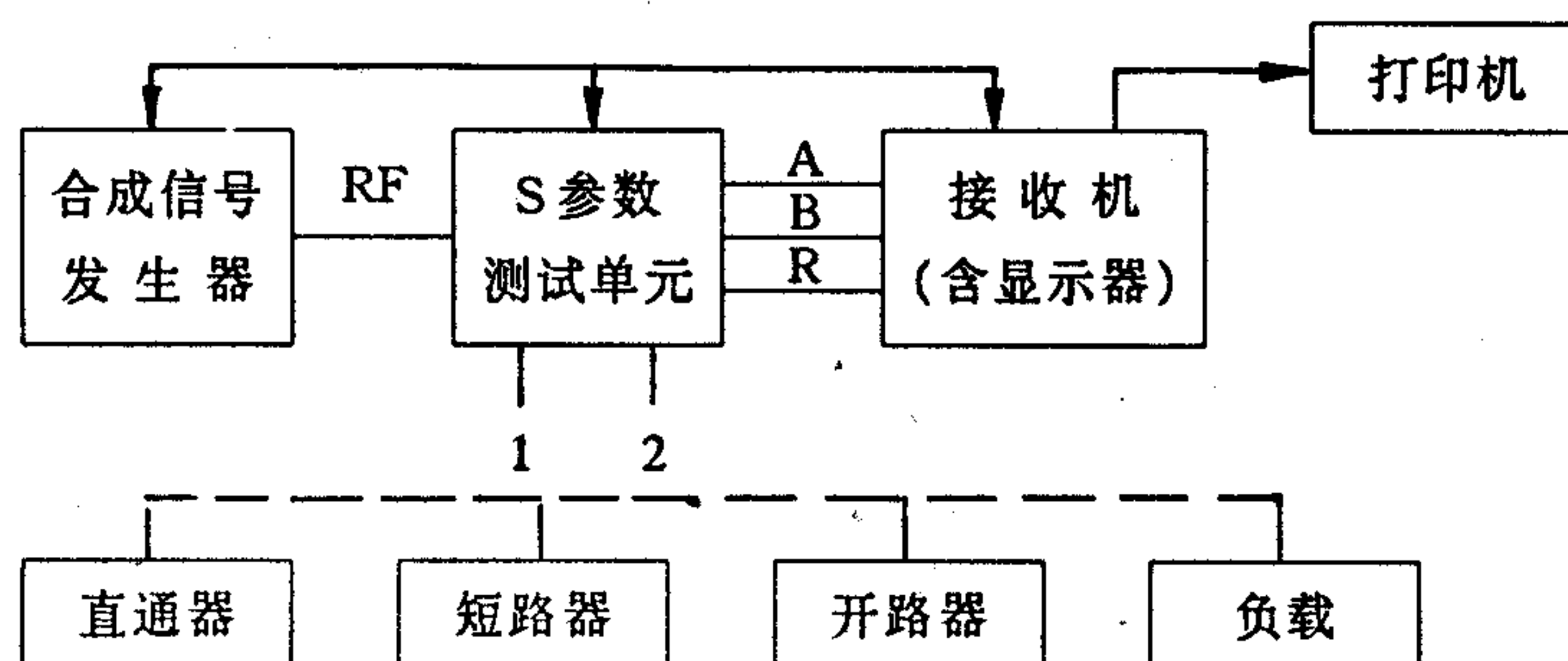


图 3

## 5.1.7.2 测试方法

本条测试分两步进行。首先利用标准件的幅度和相位已知数据与标准件在网络仪上实测数据的比较结果存储,再借助于微处理器数学运算,对网络仪系统矢量误差修正;其次进行传输、反射测量的不确定度测试。

## 5.1.7.2.1 测量校准:

网络仪测量校准完全按系统校准软件菜单分步进行,标准件的使用由屏幕提示。其过程一般如表 1 所示。

表 1 测量校准过程

序号	校准过程	对应测量	去除误差项	所用标准件
1	频响	一般传输反射测量	频响	开路器、短路器、直通器
2	频响 隔离度	大插入损耗传输测试、大反射测试	频响 隔离度	开路器、短路器、直通器、负载
3	单端口 $S_{11}$ 、 $S_{22}$	单端口或匹配良好的两端口反射测试	频响 方向性 源失配	开路器、短路器、负载
4	全两端口	高精度传输、反射测试	方向性、源失配、负载失配、 频响隔离度及正反向切换	开路器、短路器、负载、直通器

5.1.7.2.2 按全两端口网络校准误差修正步骤,根据系统误差模型,分别得 SJ 20494 中图 2 所示的全部系统误差模型值。

5.1.7.2.3 测得全两端口被测件 S 参数: $S_{11}$ 、 $S_{12}$ 、 $S_{21}$ 、 $S_{22}$

5.1.7.2.4 预置测试参考和测量电平及频率与温度范围等条件参数。

5.1.7.2.5 反射幅度测量不确定度测试。

$$E_{rm}(\text{线性}) = V_r + S_{11} \times T_{rd}(\text{幅度})$$

$$E_{rm}(\text{对数}) = 20 \log(1 \pm E_{rm}/S_{11})$$

其中:  $V_r = S_r + (Y_r^2 + Z_r^2)^{1/2}$

$$S_r = D + S_{r1} + T_r \times S_{11} + (M_6 + S_{r1}) S_{11}^2 + M_L \times S_{21} \times S_{12} + A_m \times S_{11} \text{——系统误差}$$



$Y_r = R_{r1} + 2 \times R_{r1} \times S_{11} + R_{r1} \times S_{11}^2$ ——端口“1”开关重复性随机误差

$Z_r = R_{r2} \times S_{21} \times S_{12}$ ——端口“2”开关重复性随机误差

#### 5.1.7.2.6 反射相位测量不确定度测试

$E_{rp} = \arcsin[(V_r - A_m \times S_{11})/S_{11}] + T_{rd}(\text{相位}) + 2S_{d1} + A_p$

#### 5.1.7.2.7 传输幅度测量不确定度测试。

$E_{tm}(\text{线性}) = V_t + S_{21} \times T_{rd}(\text{幅度})$

$E_{tm}(\text{对数}) = 20\log(1 \pm E_{tm}/S_{21})$

其中： $V_t = S_t + (Y_t^2 + Z_t^2)^{1/2}$

$S_t = C + T_t \times S_{21} + (M_s + S_{r1}) \times S_{11} \times S_{21} + (M_1 + S_{r2}) \times S_{21} \times S_{22} + A_m \times S_{21}$ ——系统误差

$Y_t = R_{r1} \times S_{21} + R_{r1} \times S_{11} \times S_{21}$ ——端口“1”开关重复性随机误差

$Z_t = R_{r2} \times S_{21} + R_{r2} \times S_{22} \times S_{21}$ ——端口“2”开关重复性随机误差

#### 5.1.7.2.8 传输相位测量不确定度测试。

$E_{tp} = \arcsin[(V_t - A_m \times S_{21})/S_{21}] + T_{td}(\text{相位}) + S_{d1} + S_{d2} + A_p$

以上各式中， $A_m, A_p, C, D, M_s, M_1, S_r, S_t, R_r, R_t, T_r, T_{rd}, T_t, T_{td}$ 字母所代表的参数见 SJ 20494 中图 2。

#### 5.1.7.3 处理结果

对于单端口网络不确定度测试以及两端口网络反射、传输不确定度的测试均为上述测试的简化。各种测试结果自动打印出曲线，应符合性能指标。

### 5.2 合成信号发生器性能特性测试方法

#### 5.2.1 频率范围

##### 5.2.1.1 测试系统框图

如图 4 所示。



图 4

##### 5.2.1.2 测试方法

采用频率计直接测量法。

合成信号发生器置于单频状态，调节输出电平，使频率计显示最佳。在规定的频段用频率计测量合成信号发生器连续波的频率覆盖范围。

##### 5.2.1.3 处理结果

累加各频段频率得总的频率范围，与规定值比较，测得的最低频率不大于规定的最低频率，最高频率不小于规定的最高频率。频率连续。

#### 5.2.2 频率指示误差

##### 5.2.2.1 测试系统框图

见图 4。

##### 5.2.2.2 测试方法

采用频率计直接测量法。

a. 合成信号发生器置于单频稳幅状态，调节其输出信号幅度适中；

## SJ 20495—1995

b. 用频率计测量合成信号发生器的单频频率  $f_m$  并记录,同时从指示器读出指示的标称频率  $f_d$ ;

c. 改变合成信号发生器的输出频率,重复上一步骤。

## 5.2.2.3 处理结果

按(1)式计算合成信号发生器的频率指示误差。

$$\Delta f = f_d - f_m \dots\dots\dots(1)$$

式中: $\Delta f$ ——频率指示误差, Hz;

$f_d$ ——测试点的指示标称频率, Hz;

$f_m$ ——测试点的实测频率, Hz。

在频率范围内,均匀选择四个频率点测试。在偏差极限点上,取重复三次测量的算术平均值。以其中极限偏差值与规定值比较,应不超过规定值。

## 5.2.3 频率指示分辨力

## 5.2.3.1 测试系统框图

见图 4。

## 5.2.3.2 测试方法

采用频率计直接测量。

合成信号发生器置于单频稳幅状态,由频率计测得输出信号频率  $f_1$ 。从合成信号发生器的面板置入输出频率一次步进最小值,待其稳定,仍由频率计测得输出信号频率  $f_2$ 。

## 5.2.3.3 处理结果

频率  $f_1$  与频率  $f_2$  的差值应不超过规定值。在频率范围内均匀选择取四个频率点测量,在差值最大点上,取重复三次测量的算术平均值。

## 5.2.4 谐波

## 5.2.4.1 测试系统框图

如图 5 所示。



图 5

## 5.2.4.2 测试方法

采用频谱仪直接测量谐波功率或谐波含量。为了统一起见,规定输出电平为 0dBm。

合成信号发生器置于单频稳幅状态,输出平调到 0dBm。从频谱仪上读出信号频率二次、三次谐波处功率值  $P_2$ 、 $P_3$  及基波功率值  $P_1$ ;或从频谱仪直接读出谐波含量的分贝数。

## 5.2.4.3 处理结果

由(2)式计算出谐波电平。以谐波电平最大值与规定值比较,优于规定值。

$$\left. \begin{aligned} A_{H2} &= 10\lg(P_2/P_1) \\ A_{H3} &= 10\lg(P_3/P_1) \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(2)$$

式中: $A_{H2}$ ——信号频率的二次谐波电平, dBc;

$A_{H3}$ ——信号频率的三次谐波电平, dBc

$P_1$ ——信号频率的基波功率;

$P_2$ ——信号频率的二次谐波功率;



$P_3$ ——信号频率的三次谐波功率。

在整个频率范围内,从低端到高端均匀取四个频率点测量,用其最大值。

## 5.2.5 杂波

### 5.2.5.1 测试系统框图

见图 5。

### 5.2.5.2 测试方法

采用频谱仪直接测量杂波含量。

参照谐波测试方法,缓慢调节频谱仪,从中找到并读出杂波最大功率  $P_N$  与此时的信号基波功率  $P_1$ ;或从频谱仪上直接读出杂波含量的分贝数。

### 5.2.5.3 处理结果

由(3)式计算杂波电平,以其最大值与规定值比较,优于规定值。

$$A_N = 10\lg(P_N/P_1) \dots\dots\dots(3)$$

式中: $A_N$ ——杂波电平, dBc;

$P_N$ ——杂波功率;

$P_1$ ——信号频率的基波功率。

在整个频率范围内,从低端到高端均匀取四个频率点测量,用其最大值。

## 5.2.6 输出电平范围

### 5.2.6.1 测试系统框图

如图 6 所示。



图 6

### 5.2.6.2 测试方法

用功率计(频率高端)和高频电压表(频率低端)直接测量输出电平,即合成信号发生器置于单频稳幅状态,调节其输出电平先最大,再最小,对应的,从功率计或高频电压表读出输出功率或电压的先最小值,再最大值,并加以记录。

### 5.2.6.3 处理结果

计算功率或电压的最大值与最小值时的电平值,即为输出电平范围。与规定值比较,最小值也不应小于规定值。

应在合成信号发生器的频率范围内输出功率最小的频率上测量。

## 5.2.7 输出电平误差

### 5.2.7.1 测试系统框图

见图 6。

### 5.2.7.2 测试方法

参照 5.2.6.2 条进行,仅将合成信号发生器输出电平调节到规定的数值。

### 5.2.7.3 处理结果

从记录的功率或电压换算成电平。以输出电平误差最大值与规定值比较,应不超过规定值。

应找出合成信号发生器的频率范围内输出电平误差最大值。

## 5.2.8 输出电平分辨力

## SJ 20495—1995

## 5.2.8.1 测试系统框图

见图 6。

## 5.2.8.2 测试方法

采用功率计(频率高端)和高频电压表(频率低端)直接测量电平法。

合成信号发生器置于单频稳幅状态,调节其频率和输出电平到规定值,记录功率计或高频电压表的指示值  $P_1$  或  $U_1$ 。从合成信号发生器的面板缓慢调节输出功率一次步进最小值,等其稳定后,再记录功率计或高频电压表的指示值  $P_2$  或  $U_2$ 。

## 5.2.8.3 处理结果

计算两次记录值  $P_1$  或  $U_1$ 、 $P_2$  或  $U_2$  之差,再换算成电平值,即为电平分辨力,应不超过规定值。在频率范围内,均匀选取四个频率点测量,在分辨力最差点,取重复三次测量的平均值。

## 5.2.9 输出电平平坦度

## 5.2.9.1 测试系统框图

见图 6。

## 5.2.9.2 测试方法

直接测出替代量再推算出电平平坦度。

合成信号发生器置于单频稳幅状态,调节其输出电平至规定值,调节合成信号发生器信号频率,用功率计或高频电压表测得频率范围内稳幅输出功率最大值  $P_{\max}$  和最小值  $P_{\min}$ , 或电压最大值  $U_{\max}$  和最小值  $U_{\min}$ 。

## 5.2.9.3 处理结果

由(4)式计算输出电平平坦度,与规定值比较,不应大于规定值。

$$\left. \begin{aligned} A_f &= \pm 1/2 [10 \lg(P_{\max}/P_{\min})] \\ A_f &= \pm 1/2 [20 \lg(U_{\max}/U_{\min})] \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (4)$$

式中:  $A_f$ ——输出电平平坦度, dB;

$P_{\max}$ 、 $P_{\min}$ ——频率范围内输出功率最大、最小值;

$U_{\max}$ 、 $U_{\min}$ ——频率范围内输出电压最大、最小值。

## 5.2.10 输出电压驻波比

## 5.2.10.1 测试系统框图

如图 7 所示。

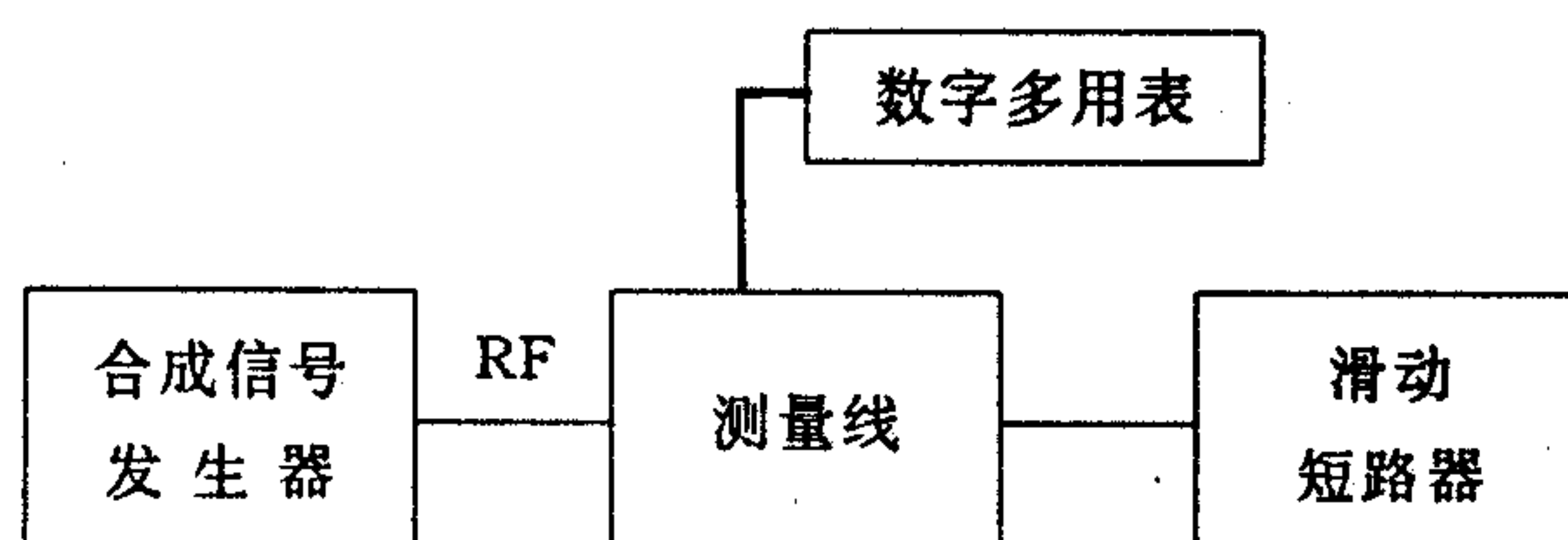


图 7

## 5.2.10.2 测试方法

采用经典的测量线法进行点频测试。

- a. 数字多用表置电流档。合成信号发生器置点频连续波工作状态;
- b. 测量线的耦合探针移至驻波最大点。调节耦合探针深度,让其充分短,使耦合探针引

起的反射最小,并保证检波处于平方律范围;

c. 把测量线上与滑动短路器联动结构连到滑动短路器上;

d. 移动耦合探针位置,寻找驻波最大点和最小点,对应的从数字多用表上读出电压驻波的电流值  $I_{max}$  和  $I_{min}$ ;改变合成信号发生器频率,重复测量。

### 5.2.10.3 处理结果

按(5)式计算输出电压驻波比与规定值比较,不超过规定值。

$$S_V = (I_{max}/I_{min})^{1/2} \dots \dots \dots (5)$$

式中:  $S_V$ ——输出电压驻波比;

$I_{max}$ ——输出电压驻波的最大电流;

$I_{min}$ ——输出电压驻波的最小电流。

在合成信号发生器的频率范围内,由详细规范规定测量频率点数。

## 5.3 接收机性能特性测试方法

### 5.3.1 频率范围和频率误差

#### 5.3.1.1 测试系统框图

如图 8 所示。

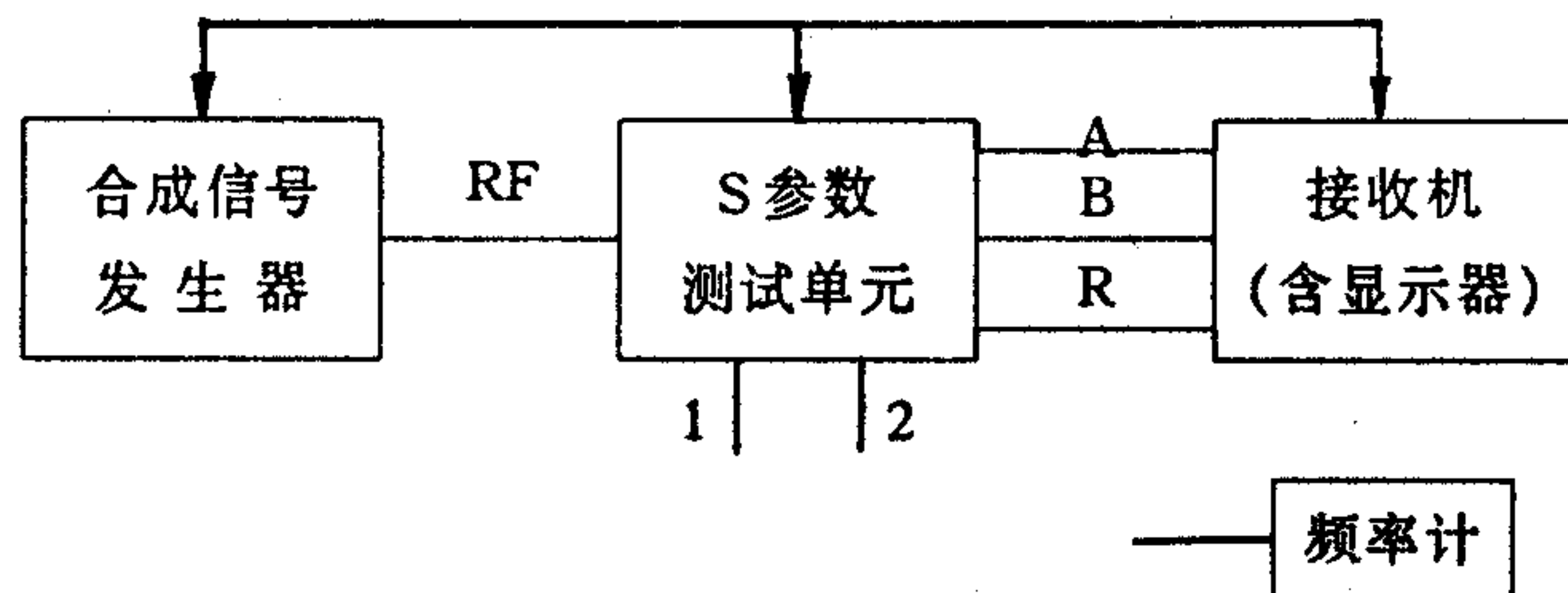


图 8

#### 5.3.1.2 测试方法

用频率计直接监视和测量频率。

频率计先接入端口“1”测试,再接入端口“2”测试。

预置接收机为连续波频率置入状态。

置入接收机最低工作频率  $f_l$  并观测其显示值,再连续增大置入频率,直至最高工作频率  $f_h$ ,由频率计监视其连续性,并记录频率计和显示器的最低频率  $f_l$  和最高频率  $f_h$ 。

#### 5.3.1.3 处理结果

以测得的最低工作频率  $f_l$  与最高工作频率  $f_h$  值,与规定值比较,测量值  $f_l$  不大于规定值,测量值  $f_h$  不小于规定值。显示器显示值与频率计测量值之差即为频率误差,不超过规定值。

### 5.3.2 输入端口回波损耗

#### 5.3.2.1 测试系统框图

如图 9 所示。

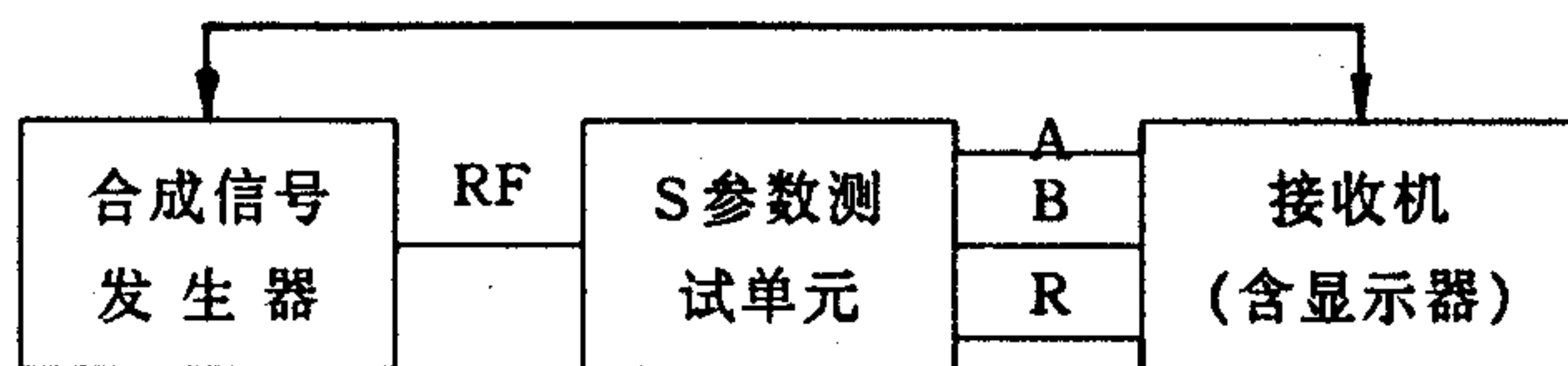


图 9



### 5.3.2.2 测试方法

- a. 预置起始频率和扫描点数；
- b. 进入校准菜单,分别进行单端口开路、短路和匹配校准；
- c. 打开接收标志功能,并置入显示标尺刻度；
- d. 分别选择 A/R, B/R, A/B 测试通道,可相应测得 B、A 和 R 三通道的回波损耗,并加以记录。

### 5.3.2.3 处理结果

将所记录到的数据与规定值比较,应优于规定值。

## 5.3.3 通道动态范围

### 5.3.3.1 测试系统框图

如图 10 所示。

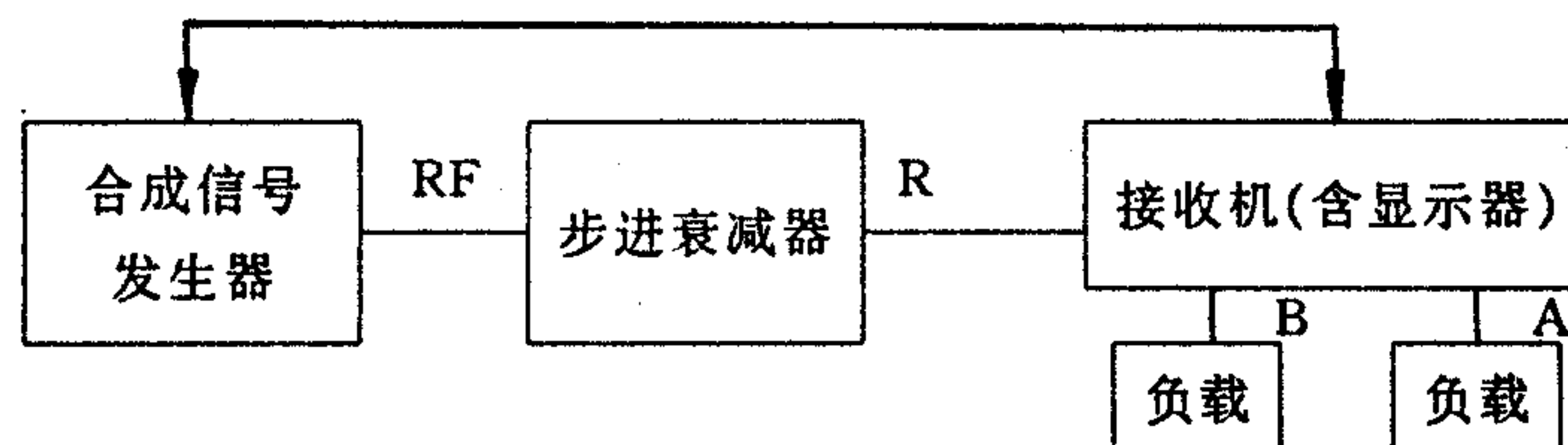


图 10

### 5.3.3.2 测试方法

置合成信号发生器于全频段扫频工作状态,其输出电平调至接收机可接收的最大额定值。增加步进衰减器的衰减量,直至接收机失锁时所记录到的步进衰减器最大衰减量值,即为 R 通道的动态范围。按 5.3.4 条测得的 A、B 通道噪声基底值和接收机可接收最大额定值之差,即决定了 A、B 通道的动态范围。

### 5.3.3.3 处理结果

R、A、B 三通道的动态范围测量应优于规定值。

## 5.3.4 噪声电平

### 5.3.4.1 测试系统框图

如图 11 所示。

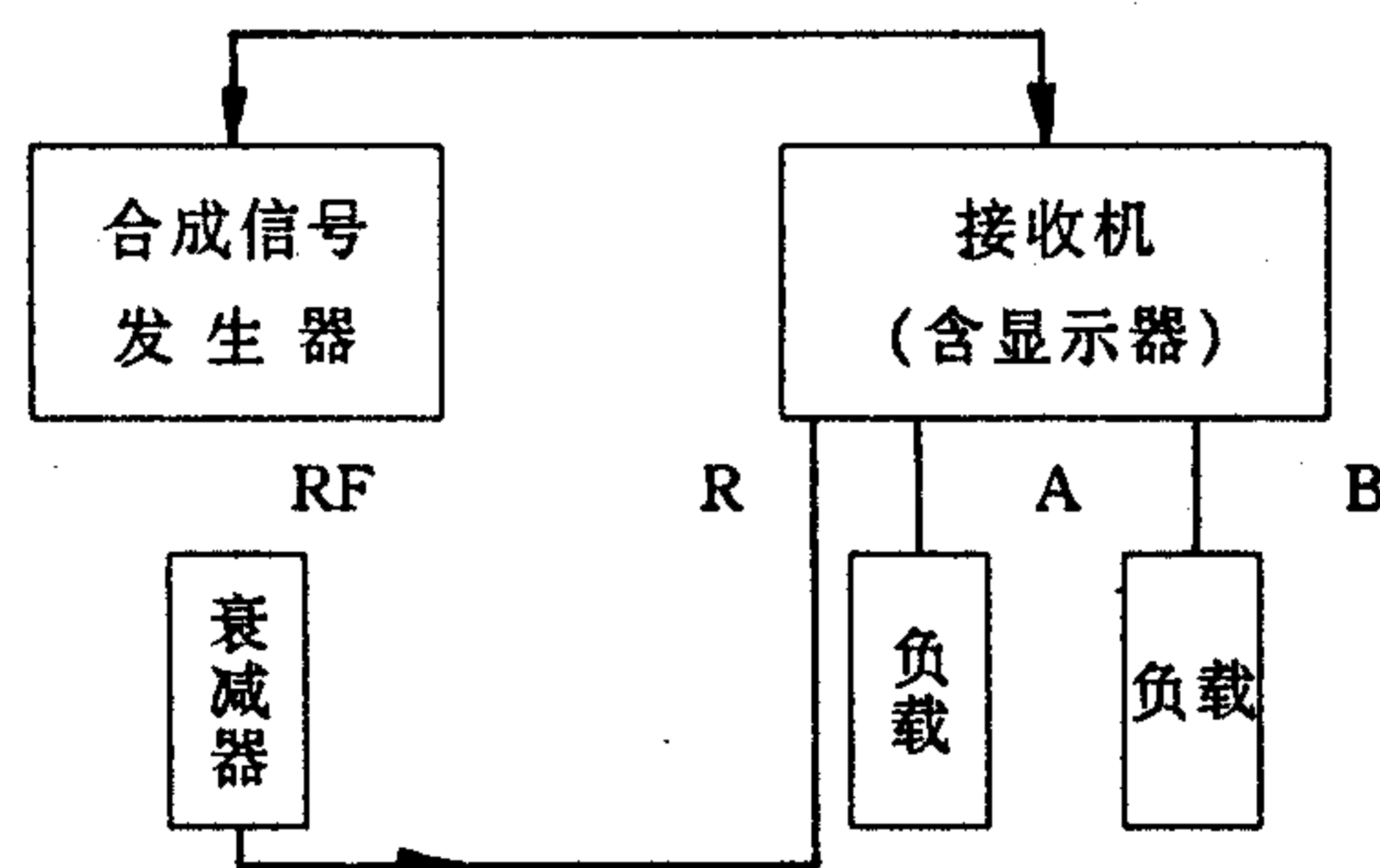


图 11

### 5.3.4.2 测试方法

噪声电平取决于许多参数和工作特性,如带宽和显示律。详细规范应对噪声电平测试有重大影响的全部参数和主要性能加以规定。

- a. 预置合成信号发生器输出功率电平；
- b. 选择 A 测试通道并置入中频带宽和线性显示状态；

- c. 则接收机 A 通道噪声电平(dBm)为一系数与线性幅度测量值取对数的积;
- d. 选择 B 测试通道并置入中频带宽和线性显示状态,同样可得接收机 B 通道噪声电平(dBm)。

#### 5.3.4.3 处理结果

将记录到的二次测量值与规定值比较,应不大于规定值。

#### 5.3.5 输入串扰

##### 5.3.5.1 测试系统框图

如图 12 所示。

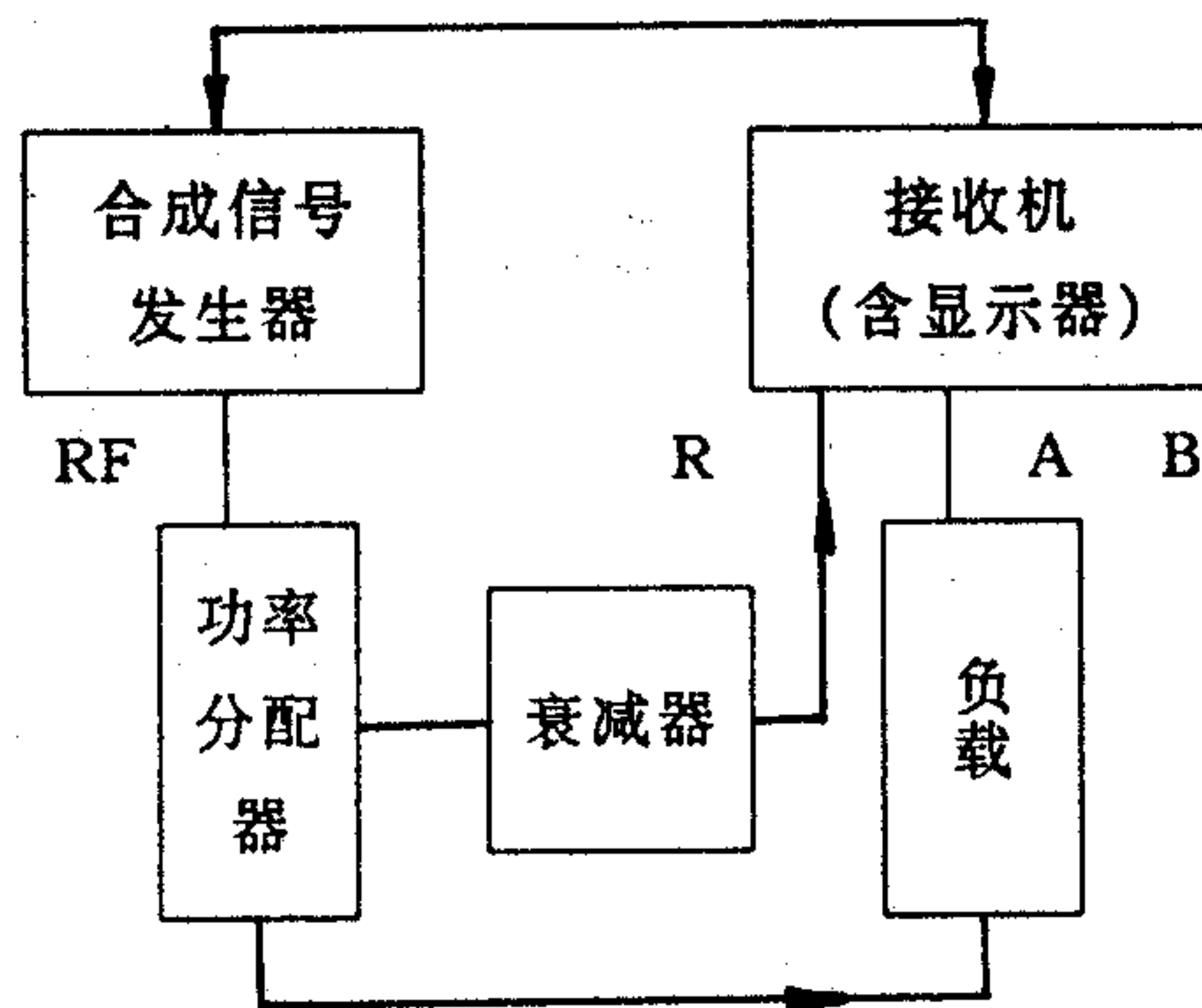


图 12

##### 5.3.5.2 测试方法

- a. 预置合成信号发生器输出功率电平和接收机中频带宽;
- b. 打开接收机标志,寻找最大值;
- c. 置入起始和终止频率;
- d. 选择 A/B 测试通道并置入扫描次数,记录标志最大值,即为 B 通道至 A 通道的串扰信号;
- e. 将标志值存入内存;
- f. 将图 12 中负载自 A 通道移至 B 通道,连接电缆由 B 通道移至 A 通道;
- g. 选择 A/R 测试通道和扫描次数;
- h. 选择 B/R 测试通道和扫描次数;
- g. 将 B/R 测量值与 A/R 测量值比较,得 A 通道至 B 通道的串扰信号。

##### 5.3.5.3 处理结果

将记录到的二个测量值与规定值比较,应不大于规定值。

#### 5.3.6 源串扰

##### 5.3.6.1 测试系统框图

如图 13 所示。

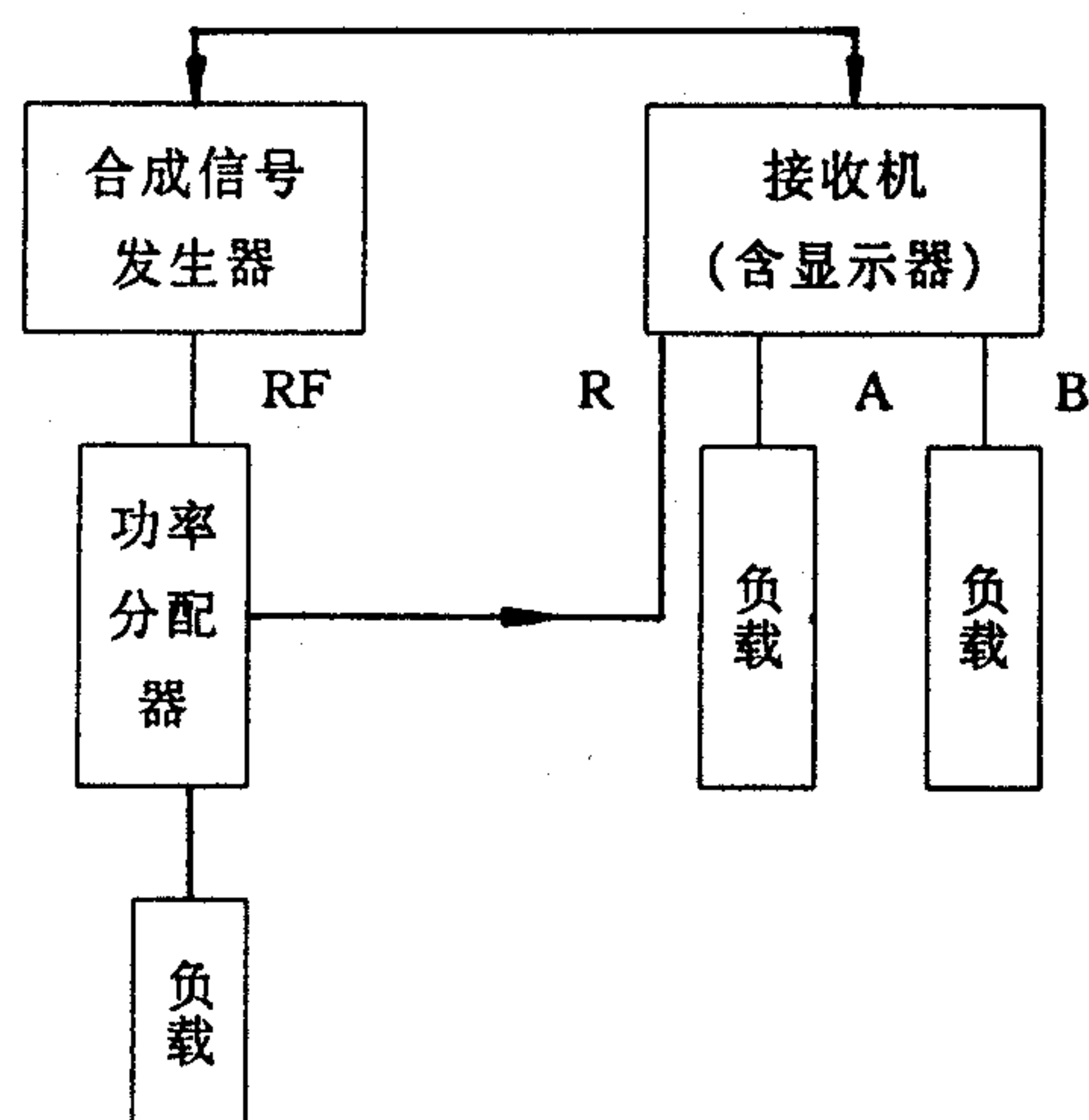


图 13

### 5.3.6.2 测试方法

- 预置合成信号发生器输出功率电平和接收机中频带宽；
- 打开接收机标志，寻找最大值；
- 置入起始和终止频率；
- 选择 A/R 测试通道并置入扫描次数，记录标志最大值，即为 A/R 源串扰值；
- 选择 B/R 测试通道并置入扫描次数，记录标志最大值，即为 B/R 源串扰值。

### 5.3.6.3 处理结果

将记录到的二个测量值与规定值比较，应不大于规定值。

### 5.3.7 绝对幅度误差

#### 5.3.7.1 测试系统框图

如图 14、15 所示。

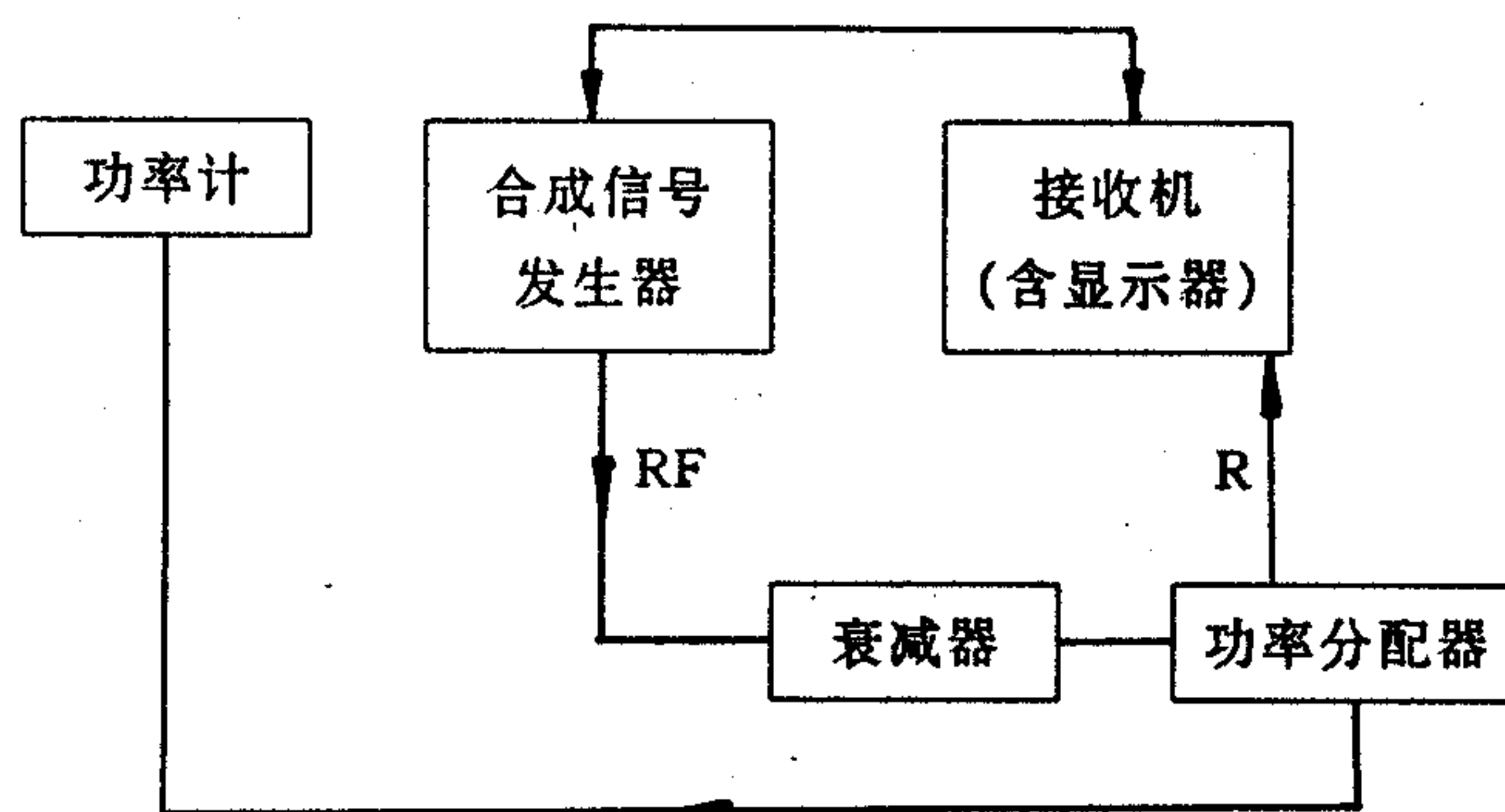


图 14



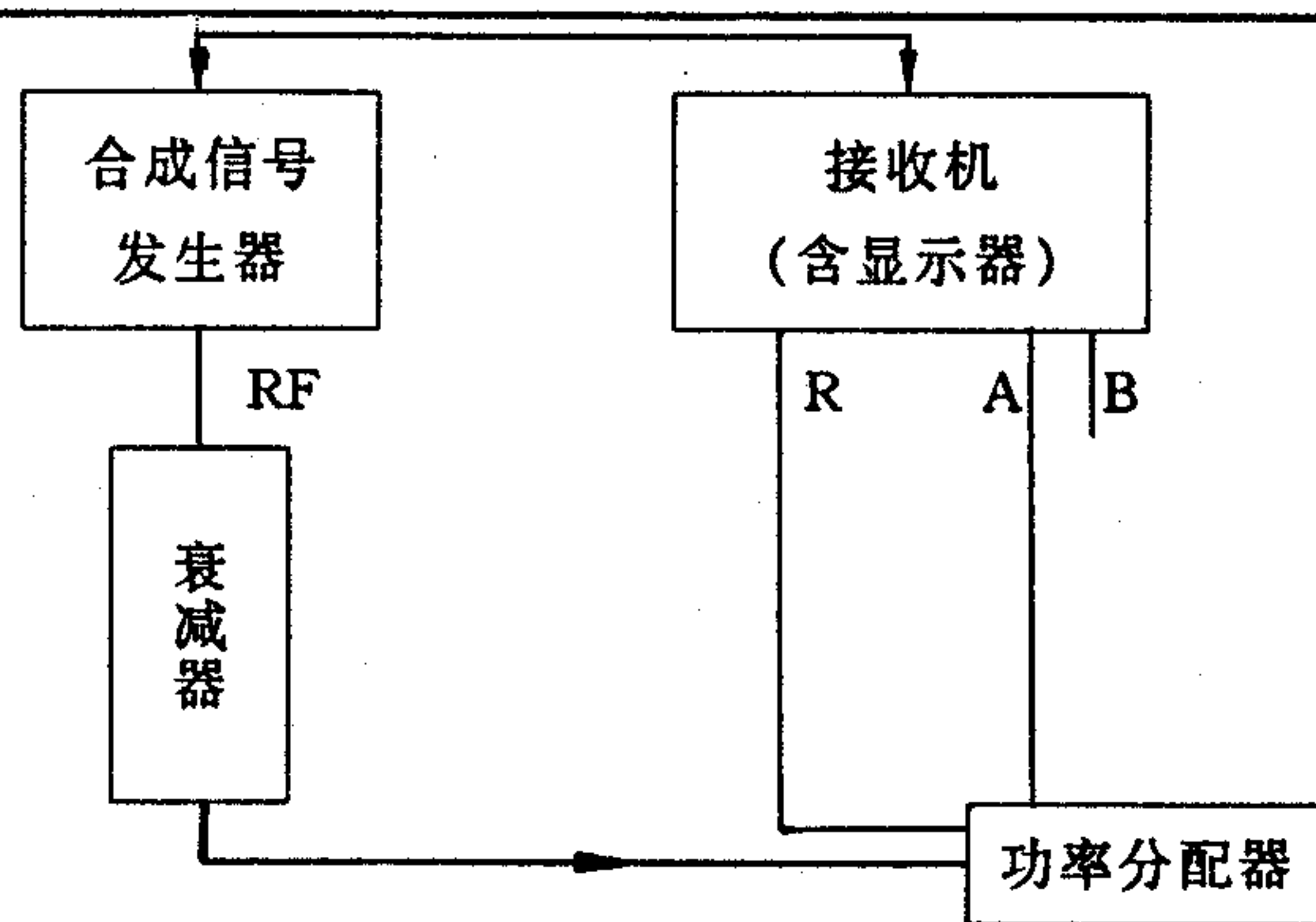


图 15

### 5.3.7.2 测试方法

- a. 如图 14, 预置合成信号发生器的输出功率电平和频率;
- b. 打开标志开关, 并选择测量 R 通道;
- c. 记录功率计上读数及标志器中幅度读数, 得 R 通道绝对幅度误差;
- d. 重新置入频率, 重复步骤 b、c 并记录;
- e. 如图 15, 打开标志开关, 选择并记录; 测量 A 通道, 记录标志器中幅度读数, 得 A 通道绝对幅度误差;
- f. 将图 15 中的功率分配器从 A 通道移至 B 通道, 打开标志开关, 选择测量 B 通道, 记录标志器中幅度读数, 得 B 通道绝对幅度误差。

### 5.3.7.3 处理结果

将所记录到的测量值与规定值比较, 应小于规定值。

## 5.3.8 幅度频率响应和相位频率响应

### 5.3.8.1 测试系统框图

如图 16 所示。

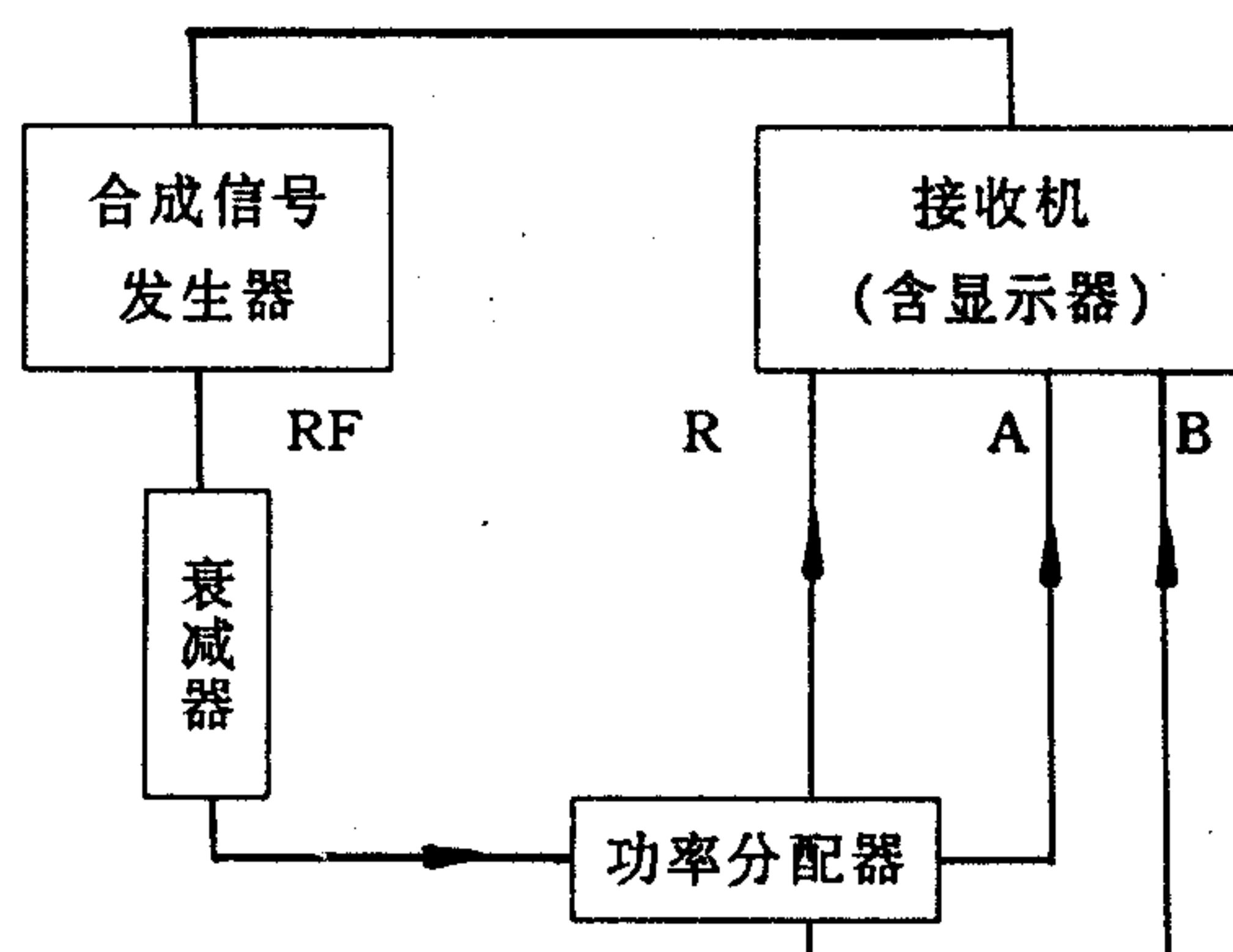


图 16

### 5.3.8.2 测试方法

- a. 预置合成信号发生器的输出功率电平和接收机的显示标志刻度;
- b. 打开标志功能, 将标志置为参考信号;
- c. 选择 A/R 通道, 并将测量值存储;
- d. 互换 R 和 A 通道的连接电缆, 关存储测量值;

- e. 平均二组存储曲线,记录最大平均值,即为 A/R 的幅度频响;
- f. 选择 B/R 通道,重复步骤 c、d、e,但不需互换 R 和 B 通道的连接电缆,即得 B/R 的幅度频响;
- g. 选择 A/B 通道,重复步骤 c、d、e,也不需互换 A 和 B 通道的连接电缆,即得 A/B 的幅度频响;
- h. 重新预置输入功率电平,打开标志功能,选择相位测试;
- i. 设置频率范围,选择参考电长度,使曲线水平,记录曲线最大起伏值,即为 A/R 的相位频响;
- j. 选择 B/R 通道和相位测试,重复步骤 i,即得 B/R 的相位频响;
- k. 选择 A/B 通道和相位测量,重复步骤 i,即得 A/B 的相位频响。

### 5.3.8.3 处理结果

将所记录到的一组数与规定值比较,应不大于规定值。

### 5.3.9 幅度踪迹扰动和相位踪迹扰动。

#### 5.3.9.1 测试系统框图

见图 16。

#### 5.3.9.2 测试方法

- a. 预置输出功率电平、中频带宽和射频信号频率(一般选择最高频率);
- b. 激活接收机标志功能;
- c. 记录最大起伏值,即为 A/B 的幅度踪迹扰动值;
- d. 分别选择 A/R, B/R, 并记录最大起伏值,即为 A/R, B/R 的幅度踪迹扰动值;
- e. 选择相位测量,记录最大起伏值,即为 A/B 的相位踪迹扰动值;
- f. 分别选择 A/R, B/R 和相位测量,并记录最大起伏值,即为 A/R, B/R 的相位踪迹扰动值。

#### 5.3.9.3 处理结果

将所记录到的六次测量值与规定值比较,应不大于规定值。

## 5.4 S 参数测试单元性能特性测试方法

### 5.4.1 频率范围

#### 5.4.1.1 测试系统框图

见图 8

#### 5.4.1.2 测试方法

在网络仪系统中,直接测量 S 参数测试单元“1”、“2”端口的频率。

- a. 将合成信号发生器置于单频稳幅状态,调节其输出电平值适中;
- b. 从低端到高端缓慢调节合成信号发生器信号频率,由频率计监视其连续性,并记录最低频率  $f_1$  和最高频率  $f_h$ ;
- c. 频率计先接至端口“1”,再接至端口“2”,分别测试。

#### 5.4.1.3 处理结果

S 参数测试单元频率范围应综合 5.4.1、5.4.2、5.4.3、5.4.4、5.4.5、5.4.9 条的处理结果,取其满足上述各项指标的最低频率和最高频率,才是工作频率范围,此值与规定值比较,应优于规定值。

### 5.4.2 传输频响

## 5.4.2.1 测试系统框图

如图 17 所示。

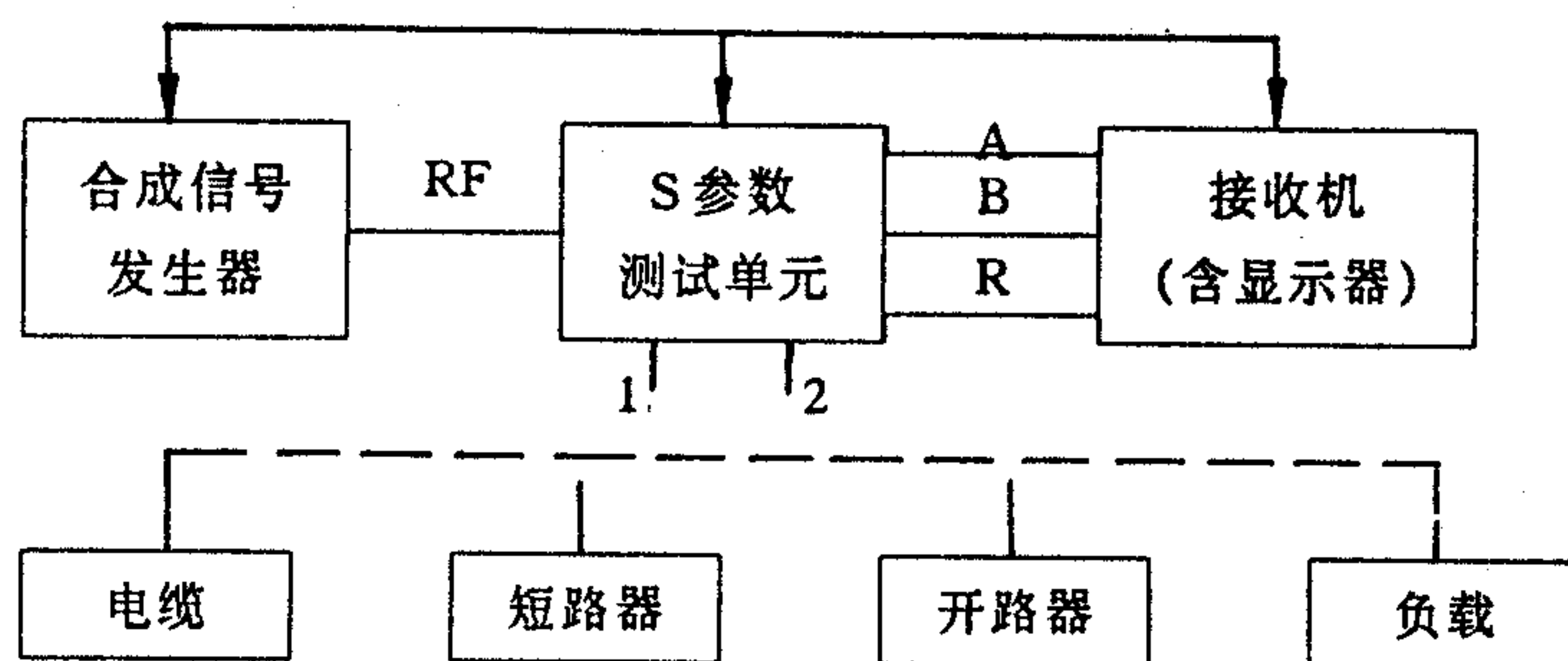


图 17

## 5.4.2.2 测试方法

同轴负载的反射系数要优于 S 参数测试单元方向性指标的 6dB 以上。

直接观测传输状态输出,再计算出传输频响。

a. 置合成信号发生器于所要求的频段自动扫频。设置测试单元进行  $S_{21}$  参数测量,用同轴电缆连接端口“1”和“2”,分别记录或打印此时的幅度曲线的数值和相位曲线的数值;

b. 设置测试单元进行  $S_{21}$  参数测量,用同轴电缆连接端口“1”和“2”;分别记录或打印此时的幅度曲线的数值和相位曲线的数值。

## 5.4.2.3 处理结果

分别计算  $S_{21}$  和  $S_{12}$  幅度曲线数值和相位曲线数值最大、最小之差即为传输频响。以传输频响最差值与规定值比较,应优于规定值。

## 5.4.3 反射频响

## 5.4.3.1 测试系统框图

见图 17。

## 5.4.3.2 测试方法

直接观测反射状态输出,再计算出反射频响。

a. 置合成信号发生器于所要求频段自动扫频。设置测试单元进行  $S_{11}$  参数测量,并在端口“1”接上同轴短路器,分别记录或打印此时的幅度曲线的数值和相位曲线的数值;

b. 设置测试单元进行  $S_{22}$  参数测量,并在端口“2”接上同轴短路器,分别记录或打印此时的幅度曲线的数值和相位曲线的数值。

## 5.4.3.3 处理结果

分别计算  $S_{11}$  和  $S_{22}$  幅度曲线数值和相位曲线数值最大、最小之差即为端口“1”和端口“2”的反射频响。以反射频响最差值与规定值比较,应优于规定值。

## 5.4.4 等效源失配

## 5.4.4.1 测试系统框图

如图 18 所示。



## SJ 20495—1995

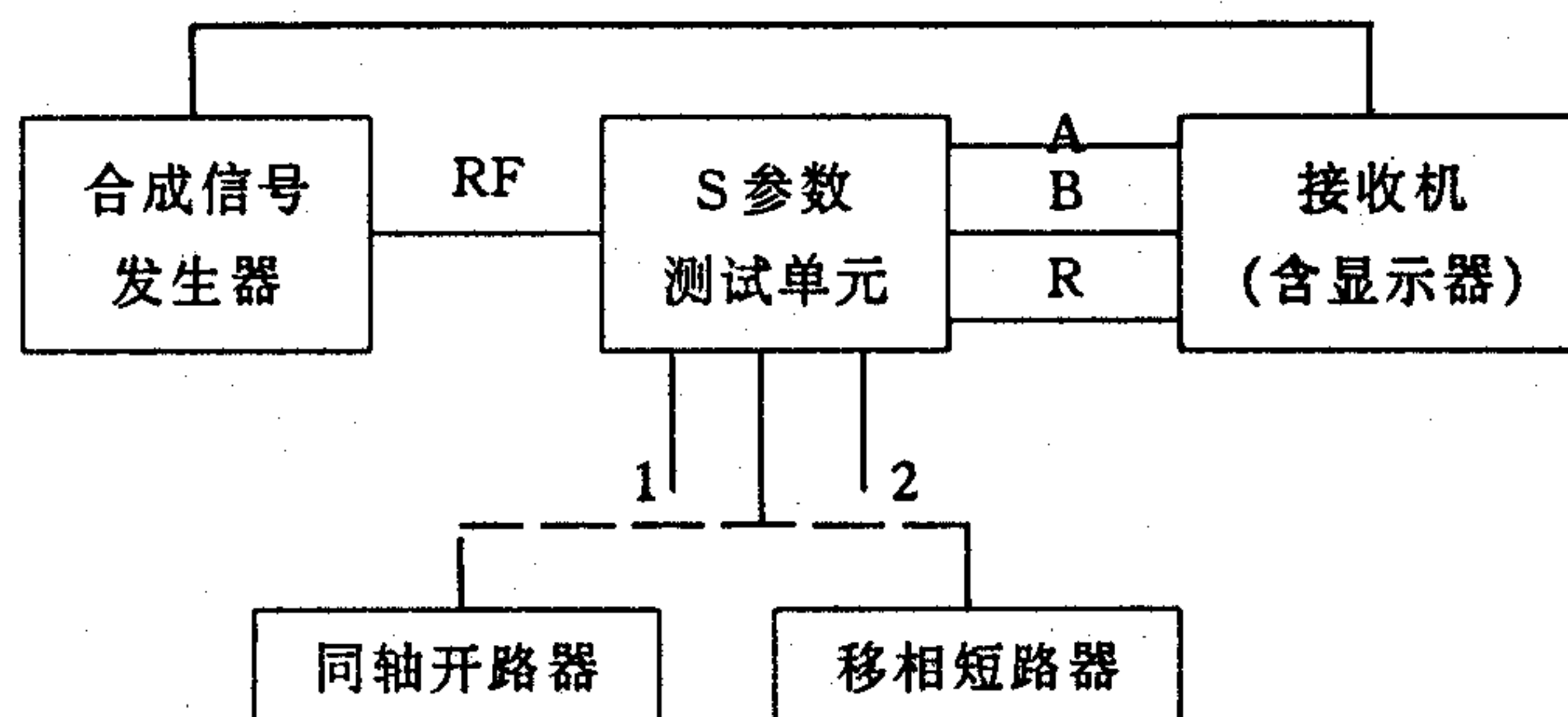


图 18

## 5.4.4.2 测试方法

直接观测反射状态的输出信号幅度变化,再算出等效源失配。

- a. 置合成信号发生器于所要求的频段自动扫频。设置测试单元进行  $S_{11}$  参数测量,并在端口“1”接上同轴开路器,调节其显示灵敏度,记录或打印此时的幅度数值或曲线;
- b. 去掉同轴开路器,换接上移相短路器,显示灵敏度保持不变,逐步改变移相短路器,找出其幅度最大值和最小值,记录或打印此时的幅度数值或曲线;
- c. 设置测试单元进行  $S_{22}$  参数测量,并在端口“2”接上同轴开路器,调节其显示灵敏度,记录或打印此时的幅度数值或曲线;
- d. 同上 b 条。

## 5.4.4.3 处理结果

分别计算端口“1”和端口“2”接同轴开路器和换接同轴移相短路器时同频率幅度数值之差  $\Delta B$ ,由(6)式计算等效源失配  $S_e$ ,以等效源失配最差值与规定值比较,应优于规定值。

$$\left. \begin{aligned} S_V &= 10^{\Delta B/20} \\ \rho &= (S_V - 1)/(S_V + 1) \\ S_e &= -20 \lg \rho \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (6)$$

式中:  $S_e$ ——等效源失配, dB;

$\rho$ ——反射系数;

$S_V$ ——电压驻波比;

$\Delta B$ ——端口“1”或端口“2”接同轴开路器与换接同轴移相短路器时,相同频率点上幅度值之差。

## 5.4.5 等效负载失配

## 5.4.5.1 测试系统框图

见图 17。

## 5.4.5.2 测试方法

直接观测传输状态的输出信号幅度变化,再计算出等效负载失配。

- a. 置合成信号发生器于所要求的频段自动扫频。设置测试单元进行  $S_{11}$  参数测量。同轴电缆一端与端口“1”相连,另外一端接同轴短路器。以此时的  $S_{11}$  参数扫频幅度曲线为基准扫频幅度曲线;
- b. 去掉同轴电缆上的同轴短路器,将该端接入端口“2”,得到又一扫频幅度曲线;
- c. 设置测试单元进行  $S_{22}$  参数测量。同轴电缆一端与端口“2”相连,另外一端接同轴短路器。以此时的  $S_{22}$  参数扫频幅度曲线为基准扫频幅度曲线。

d. 去掉同轴电缆上的同轴短路器,将该端口接入端口“1”得到又一扫频幅度曲线。

#### 5.4.5.3 处理结果

分别将  $S_{11}$  和  $S_{22}$  基准扫频幅度曲线与相应的后一扫频幅度曲线比较,其差值即为等效负载失配。以失配最差值与规定值比较,应优于规定值。

#### 5.4.6 隔离度

##### 5.4.6.1 测试系统框图

见图 17。

##### 5.4.6.2 测试方法

a. 置合成信号发生器于所要求的频段自动扫频。设置测试单元进行  $S_{11}$  参数测量,并在端口“1”接上同轴短路器;

b. 记录或打印此频段所显示的幅度曲线为基准幅度曲线;

c. 去掉同轴短路器,设置测试单元进行  $S_{21}$  参数测量,并在端口“1”和“2”接同轴负载,其它保持不变,记录或打印该频段所显示的幅度曲线。

##### 5.4.6.3 处理结果

基准幅度曲线与后一幅度曲线的差值即为端口“1”、“2”之间隔离度。以隔离度最小值与规定值进行比较,应优于规定值。

#### 5.4.7 测试端口开关重复性

##### 5.4.7.1 测试系统框图

见图 17。

##### 5.4.7.2 测试方法

直接观测输出信号的幅度和相位,再计算出测试端口开关重复性。

a. 置合成信号发生器于所要求的频段自动扫频。置测试单元进行  $S_{11}$  参数测量,并在端口“1”接上同轴短路器;

b. 以此时的  $S_{11}$  参数扫频幅度曲线为基准扫频幅度曲线,扫频相位曲线为基准扫频相位曲线,记录或打印之。然后,端口开关往复不少于 5 次,转换至  $S_{11}$ 、 $S_{22}$  参数测量,记录或打印这时的  $S_{11}$  参数扫频幅度曲线和扫频相位曲线;

c. 设备测试单元进行  $S_{22}$  参数测量,并把端口“1”上的同轴短路器移接到端口“2”上;

d. 以此时的  $S_{22}$  参数扫频幅度曲线为基准扫频幅度曲线、扫频相位曲线为基准扫频相位曲线,记录或打印之。然后,端口开关往复不少于五次,转换至  $S_{22}$ 、 $S_{11}$  参数测量,记录或打印这时的  $S_{22}$  参数扫频幅度曲线和扫频相位曲线。

##### 5.4.7.3 处理结果

分别比较  $S_{11}$  和  $S_{22}$  参数测量时两个扫频幅度曲线之差,两个扫频相位曲线之差为端口“1”和“2”的开关重复性。

把测量值与规定进行比较,应优于规定值。

#### 5.4.8 插入损耗

##### 5.4.8.1 测试系统框图

如图 19 所示。

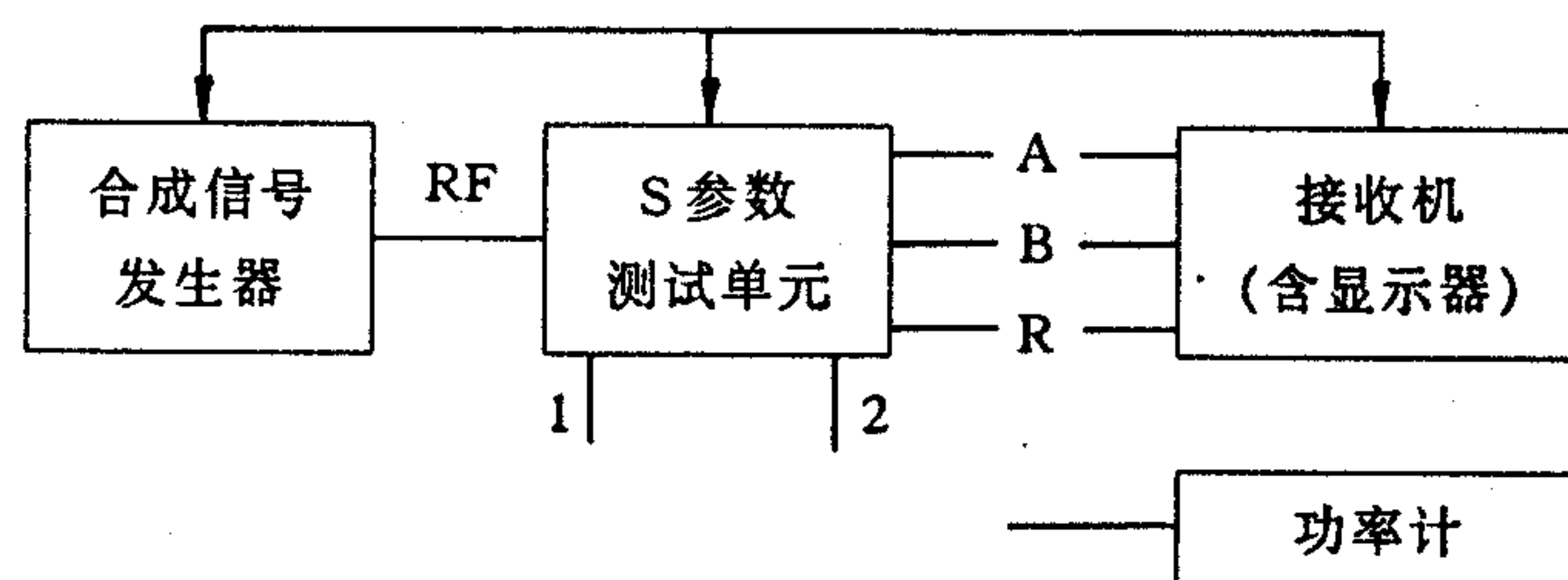


图 19

#### 5.4.8.2 测试方法

直接测量一个通道两个端口的输入输出功率，再转换为分贝数表示。

- a. 置合成信号发生器于所要求的单频，使 RF 输出适当功率，用功率计测量其功率  $P_r$ ；
- b. 保持合成信号发生器输出不变，将其 RF 输出接到测试单元 RF 输入端口，用功率计测量测试单元的端口 R 的功率  $P_R$ ；
- c. 置测试单元进行  $S_{11}$  参数测量，用功率计测量测试单元的端口“1”的功率  $P_1$ ；然后将端口“1”接上同轴短路器，用功率计测量端口“A”的功率  $P_A$ 。测试完毕取下短路器；
- d. 置测试单元进行  $S_{22}$  参数测量，用功率计测量测试单元的端口“2”的功率  $P_2$ ，然后将端口“2”接上同轴短路器，用功率计测量端口“B”的功率  $P_B$ 。测试完毕取下短路器。

#### 5.4.8.3 处理结果

由(7)式计算通道端口间的插入损耗，以通道间插入损耗最大值与规定值比较，应不大于规定值。

$$\left. \begin{aligned} L_{r-1} &= 10\lg(P_1/P_r) \\ L_{r-2} &= 10\lg(P_2/P_r) \\ L_{r-R} &= 10\lg(P_R/P_r) \\ L_{1-A} &= 10\lg(P_A/P_1) \\ L_{2-B} &= 10\lg(P_B/P_2) \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(7)$$

式中： $L_{r-1}$ ——测试单元端口 RF 与端口“1”间的插入损耗，dB；

$L_{r-2}$ ——测试单元端口 RF 与端口“2”间的插入损耗，dB；

$L_{r-R}$ ——测试单元端口 RF 与端口 R 间的插入损耗，dB；

$L_{1-A}$ ——测试单元端口“1”与端口“A”间的插入损耗，dB；

$L_{2-B}$ ——测试单元端口“2”与端口“B”间的插入损耗，dB；

$P_r$ ——在合成信号发生器的输出端口 RF 测得的功率；

$P_1$ ——在测试单元端口“1”测得的功率；

$P_2$ ——在测试单元端口“2”测得的功率；

$P_R$ ——在测试单元端口 R 测得的功率；

$P_A$ ——在测试单元端口 A 测得的功率；

$P_B$ ——在测试单元端口 B 测得的功率。

#### 5.4.9 等效方向性

##### 5.4.9.1 测试系统框图

见图 17。



### 5.4.9.2 测试方法

直接观测输出信号幅度和相位,再计算出等效方向性。

- a. 置合成信号发生器于所要求的频段自动扫频。置测试单元进行  $S_{11}$  参数测量,并在端口“1”接上同轴短路器;
- b. 调节其显示灵敏度,记录或打印此时的幅度数值或曲线;
- c. 去掉端口“1”的同轴短路器,换接上同轴负载,其它保持不变,记录或打印幅度数值或曲线;
- d. 去掉端口“1”的同轴负载,设备测试单元进行  $S_{22}$  参数测量,端口“2”接入同轴短路器。调节其显示灵敏度,记录或打印此时和幅度数值或曲线;
- e. 去掉端口“2”的同轴短路器,换接上同轴负载,其它保持不变,记录或打印幅度数值或曲线。

### 5.4.9.3 处理结果

分别比较  $S_{11}$  和  $S_{22}$  参数测量状态的两个幅度数值(分贝)或曲线之差,即为端口“1”和端口“2”的等效方向性。

以等效方向性最差的测量值与规定值进行比较,应优于规定值。必要时,用滑动负载进行测试。

### 5.4.10 射频衰减器的范围和误差

#### 5.4.10.1 测试系统框图

如图 20 所示。

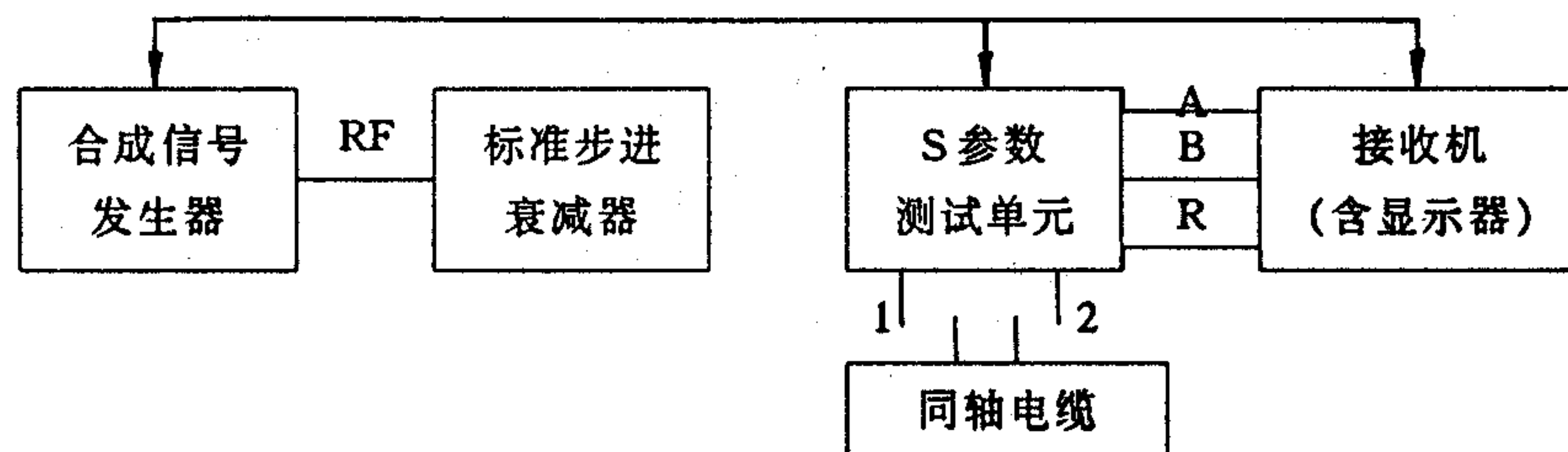


图 20

#### 5.4.10.2 测试方法

用标准衰减器替代法测试。

- a. 置合成信号发生器于单频状态。置测试单元的步进衰减器于 0dB。将标准步进衰减器置于衰减测试范围所需的适当值;
- b. 置测试单元进行  $S_{21}$  参数测量,并在端口“1”和“2”之间接同轴电缆。调节合成信号发生器输出适当功率,记录或打印此时的幅度值;
- c. 依次以相同步长增减标准步进衰减器及内置步进衰减器的衰减量,逐个记录或打印变化后的幅度值。

#### 5.4.10.3 处理结果

计算每次记录或打印的幅度值,确定射频衰减器的衰减范围和误差,与规定值比较,应优于规定值。

### 5.4.11 直流偏置

#### 5.4.11.1 测试系统框图

如图 21 所示。

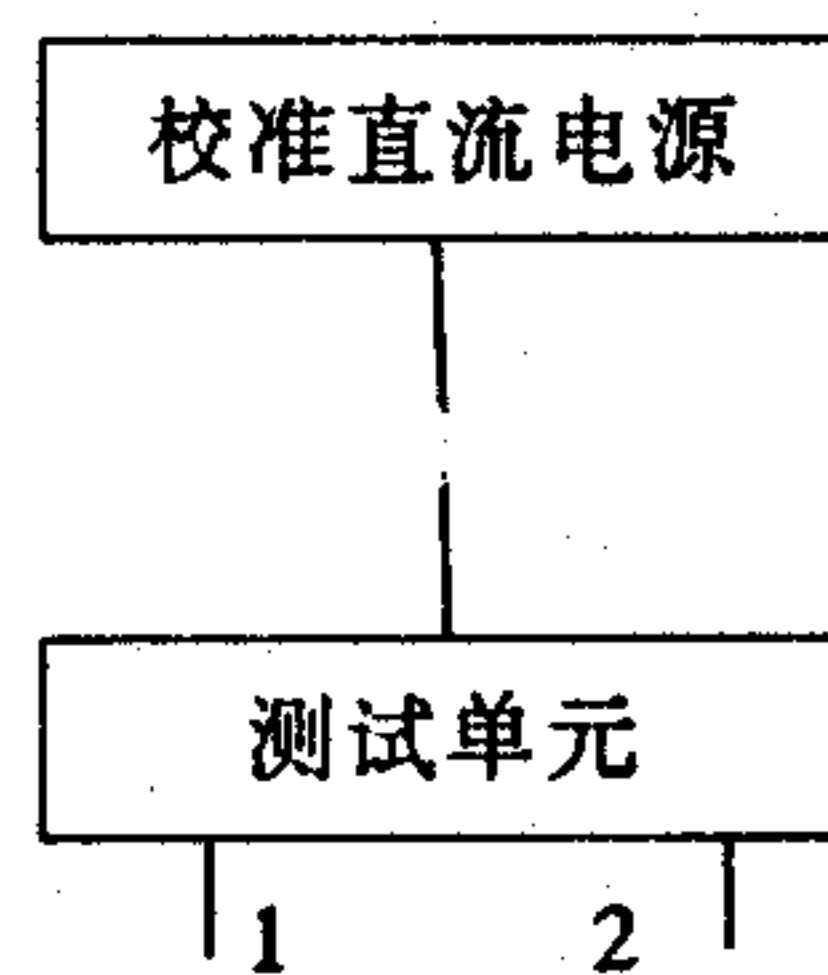


图 21

#### 5.4.11.2 测试方法

采用直接测量法。

- a. 用欧姆表测量测试单元的端口“1”、“2”与相应的直流偏置输入端口内导体的电阻值，应不大于  $0.2\Omega$ ，且不与测试单元通道外壳构成通路；
- b. 将校准直流电源的电压源输出接入测试单元的电压源输入端口，用直流电压表测量标准直流电源输出电压和端口“1”、“2”的电压，三处的电压值应一致并无跌落现象；
- c. 将校准直流电源的电流源输出接入测试单元的电流源输入端口，用直流电流表测量校准直流电源输出电流和端口“1”、“2”的电流，三处的电流值应一致并无跌落现象。

#### 5.4.11.3 处理结果

以直流电压、直流电流及其误差的测量值与规定值比较，应不超过规定值。直流电压和电流范围符合规定要求。

## 6 说明事项

本标准中所说的“网络仪”，“射频网络分析仪”都是指的“射频网络分析系统”；本标准中所说的“测试单元”都是指的“S 参数测试单元”。

#### 附加说明：

本标准由中国电子技术标准化研究所归口。

本标准由国营第七六七厂、中国电子技术标准化研究所起草。

本标准主要起草人：张长久、秦琴华、范鹏、梅子贵、宦维定。

计划项目代号：B33046。