



中华人民共和国国家标准

GB/T 11313.201—2018

射频连接器 第 201 部分：电气试验方法 反射系数和电压驻波比

Radio-frequency connectors—Part 201: Electrical test methods—
Reflection coefficient and voltage standing wave ratio

2018-09-17 发布

2019-01-01 实施

国家市场监督管理总局 发布
中国国家标准化管理委员会

前 言

GB/T 11313《射频连接器》的电气试验方法部分计划发布以下部分：

——第 201 部分：电气试验方法 反射系数和电压驻波比；

——第 202 部分：电气试验方法 插入损耗；

——第 203 部分：电气试验方法 屏蔽效率；

——第 204 部分：电气试验方法 耐射频高电位电压；

.....

本部分为 GB/T 11313 的第 201 部分。

本部分按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

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。

本部分由中华人民共和国工业和信息化部提出。

本部分由全国电子设备用高频电缆及连接器标准化技术委员会(SAC/TC 190)归口。

本部分起草单位：中国电子技术标准化研究院、中国电子科技集团公司第四十研究所、通鼎互联信息股份有限公司。

本部分主要起草人：吴正平、王凤、喻志安。

射频连接器

第 201 部分:电气试验方法

反射系数和电压驻波比

1 范围

GB/T 11313 的本部分规定了射频连接器的反射系数、电压驻波比和回波损耗的测试方法,包括频域法、时域法、门控时域法。

本部分适用于接电缆的射频连接器(以下简称电缆连接器)、接微带射频连接器(以下简称微带连接器)和射频连接器转接器(以下简称转接器)等的测试,也适用于多通道射频连接器和混装连接器中的各射频通道的测试。

2 规范性引用文件

下列文件对于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(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB/T 11313.1 射频连接器 第 1 部分:总规范 一般要求和试验方法

3 术语和定义

GB/T 11313.1 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

反射系数 reflection factor

在连接器的任一截面上的反射波波矢量的幅值与入射波波矢量的幅值之比,用式(1)表示。

$$\Gamma = \frac{V_r}{V_i} = \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0} \dots\dots\dots(1)$$

式中:

Γ ——反射系数;

V_i ——入射电压;

V_r ——反射电压;

Z_0 ——传输线的标称阻抗,单位为欧姆(Ω);

Z_L ——传输线终端负载阻抗,单位为欧姆(Ω)。

3.2

电压驻波比 voltage standing wave ratio

在连接器的任一截面上的最大电压与最小电压之比,其表达式及与反射系数的关系用式(2)表示。

$$VSWR = \frac{|V_{\max}|}{|V_{\min}|} = \frac{|V_i + V_r|}{|V_i - V_r|} = \frac{1 + |\Gamma|}{1 - |\Gamma|} \dots\dots\dots(2)$$

式中:

VSWR ——电压驻波比;

- $V_{\max}$ ——最大电压,单位为伏特(V);
- $V_{\min}$ ——最小电压,单位为伏特(V);
- V_i ——入射电压,单位为伏特(V);
- V_r ——反射电压,单位为伏特(V);
- Γ ——反射系数。

3.3

回波损耗 return loss

在连接器上的阻抗不连续面的反射信号的功率与入射信号的功率之比,用 dB 表示,其表达式及与反射系数的关系用式(3)表示。

$$RL = -10 \lg \frac{P_r}{P_i} = -20 \lg |\Gamma| \dots\dots\dots (3)$$

式中:

- RL ——回波损耗,单位为分贝(dB);
- P_i ——入射功率,单位为瓦特(W);
- P_r ——反射功率,单位为瓦特(W);
- Γ ——反射系数。

4 测试图形符号

本部分用图形符号及其含义如下:

	时域反射仪设备
	频域反射仪设备
	插合好的精密无极性连接器
	精密空气线
	精密终端负载
	短路器
	开路器
	标准试验连接器界面
	被测连接器界面,——>表示插针界面,——<表示插孔界面
	无极性至标准试验连接器转接器(需要时)
	插针连接器界面
	插孔连接器界面
	无极性连接器界面

5 试验样品的准备

5.1 电缆连接器

电缆连接器应采用预先选择的特性阻抗准确并均匀的电缆,或设计一段特性阻抗准确的同轴空气线作为模拟电缆,制作成双连接器电缆组件作为试验样品(DUT),如图 1 所示,连接两个相同连接器的电缆或模拟电缆的长度为 l ,两端是被测的电缆连接器。其中,端接电缆和模拟电缆的制作要求如下:

- a) 长度 l 应保证在测量频域内大于 2 个波节,即 $l > \frac{v}{2(f_2 - f_1)}$,其中 v 为电缆或模拟电缆中的波速, f_2 和 f_1 为测试频域的终止和初始频率。
- b) 模拟电缆内外导体的比例尽量采用典型值,并与被测连接器适配(可以采用补偿),内导体的轴向长度是与电长度有关的尺寸,应采用无轴向窜动的结构和较高的尺寸精度。

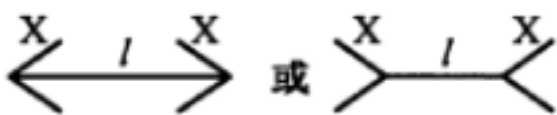


图 1 被测双连接器电缆组件试验样品

5.2 微带连接器

微带连接器应在微带端装配上适当的试验夹具后进行试验,带夹具的微带连接器整体视为试验样品(DUT),也可以做成背靠背的双连接器进行试验。

5.3 转接器

转接器应直接或两端插合上标准试验连接器后进行试验,一个转接器就是一个试验样品(DUT)。

6 测试方法

6.1 频域法

6.1.1 测试方法原理

在低频下,信号波长远大于试验样品的物理长度,在试验样品上的电压和电流测试值大小与测试位置无关。

在高频下,信号波长小于或等于试验样品的物理长度时,特性阻抗反映传输线特性,在试验样品上的不同位置测得的电压/电流会不同。假设试验样品的每个端口屏蔽效果都很好,不受外界干扰,也没有漏泄出去,则传输给试验样品中输入端的信号 a_1 ,会有一部分信号 b_2 被传输给负载,在输入端和输出端也会分别有一部分信号 b_1 和 a_2 被反射回去,如图 2 所示。



图 2 DUT 信号传输与反射示意

信号在试验样品中的反射和传输特性可以用图 3 中的 S 参数来表示。

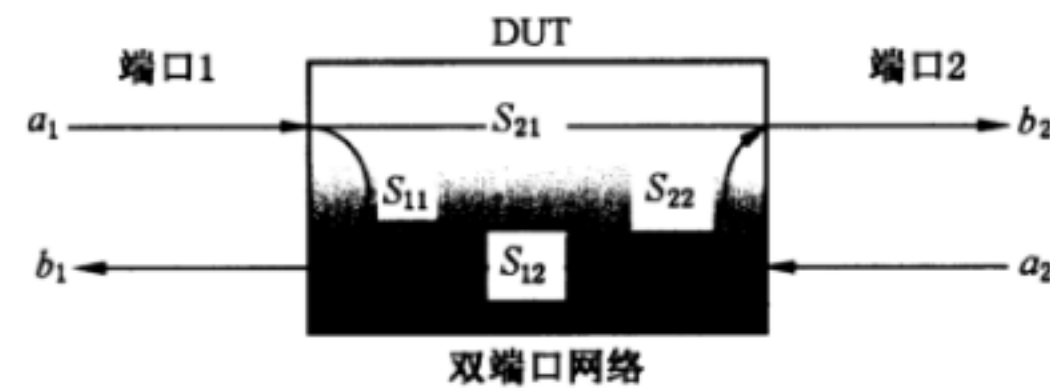


图 3 S 参数表征 DUT 信号传输与反射特性

S 参数的定义是基于信号电压比值的参数,为矢量,分别用式(4)和式(5)表示。

$$b_1 = a_1 S_{11} + a_2 S_{12} \quad \dots\dots\dots (4)$$

$$b_2 = a_1 S_{21} + a_2 S_{22} \quad \dots\dots\dots (5)$$

当试验样品的输出端口端接精密终端负载时, $a_2=0$ 。此时,输入端的反射系数用式(6)表示。

$$S_{11} = \frac{b_1}{a_1} \quad \dots\dots\dots (6)$$

矢量网络分析仪是基于上述原理来测量连接器、电缆和电缆组件等双端口元器件的 S 参数的,这些 S 参数反映了连接器、电缆和电缆组件在频域上的传输和反射特性。由于连接器、电缆和电缆组件等是互易元件,输入端和输出端换向测量时,理论上 S 参数指标不变。但由于系统的误差和方向性,通常需要从正反两个方向测试试验样品的反射特性。

6.1.2 试验设备

频域法试验设备如下:

- a) 测试设备:适合的足够精度的矢量网络分析仪(VNA);
- b) 校准件:开路器、短路器、精密终端负载、标准试验转接器或适用的电子校准件。校准件的频率范围应覆盖整个测试频率范围。

注:当没有标准试验转接器时,需提供高性能的试验转接器,其回波损耗需优于被测样品 10 dB,且电长度基本相同。整个测试系统的电压驻波比需优于 $1.02+0.004 \cdot f(f:\text{GHz})$ 。

6.1.3 试验程序

6.1.3.1 单端口测量

单端口测量程序如下:

- a) 将矢量网络分析仪充分预热后,设置测量频率范围,并将测试模式设置为反射系数或电压驻波比或回波损耗。
- b) 系统校准:分别用开路器、短路器、精密终端负载校准件对矢量网络分析仪测试系统进行校准,如图 4 所示。

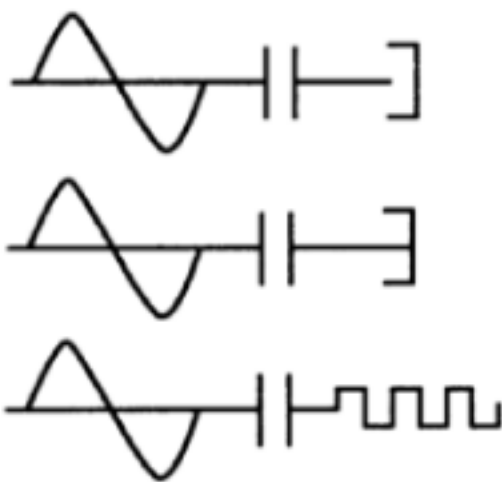


图 4 系统校准示意图

- c) 标准试验转接器校准:当矢量网络分析仪的测试电缆端口不能直接与试验样品连接时,需要用标准试验转接器连接。转接器需要按图 5 进行校准和测试。

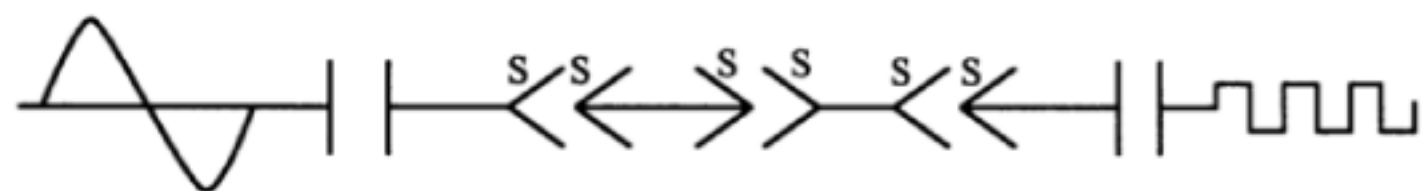


图 5 转接器的校准示意图

- d) 试验样品测试:将试验样品(DUT)接到测试仪器和负载之间或两转接器之间进行测试,如图 6 所示,记录测试 S_{11} 曲线。然后将试验样品反过来测试,记录另一端的 S_{11} 曲线。

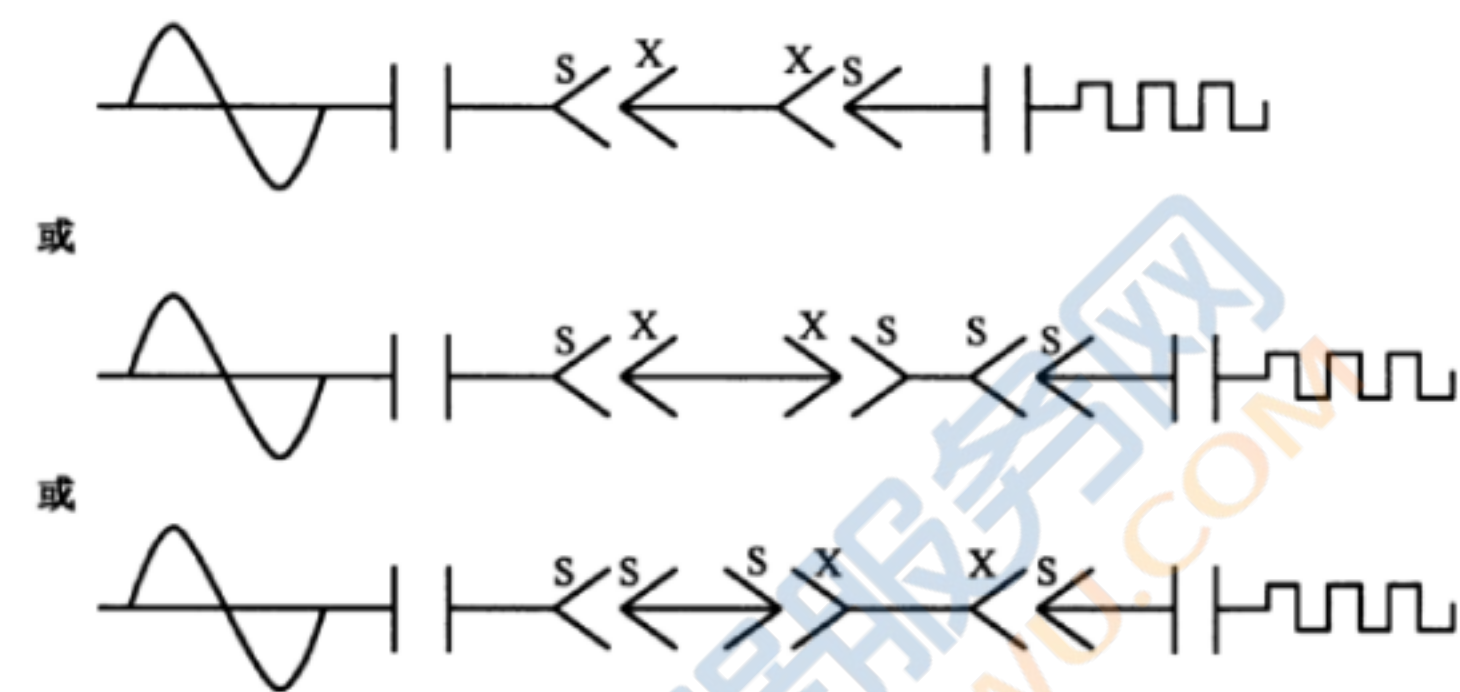


图 6 试验样品测试示意图

6.1.3.2 双端口测量

双端口测量程序如下:

- a) 将矢量网络分析仪充分预热后,将测试模式设置为反射系数或电压驻波比或回波损耗。
b) 系统校准:按图 4 所示将矢量网络分析仪的两个端口分别用开路器、短路器、精密终端负载校准件对测试系统进行校准,然后将两个端口直接连接起来进行直通校准或直接用电子校准件对矢量网络分析仪测试系统进行校准。
c) 转接器校准:当矢量网络分析仪的测试电缆端口不能直接与试验样品连接时,需要用标准试验转接器连接。转接器需要按图 7 进行校准和测试。

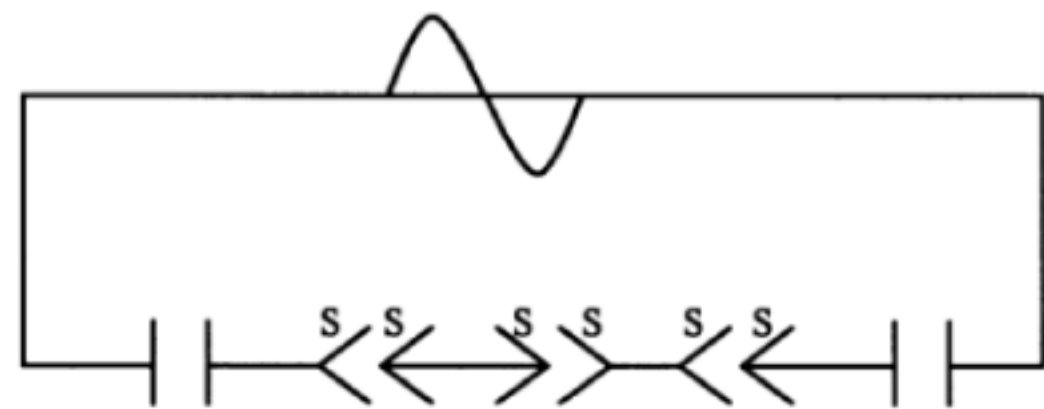


图 7 转接器的校准示意图

- d) 试验样品测试:将试验样品接到两测试电缆之间或两转接器之间进行测试,如图 8 所示,测量并记录 S_{11} 和 S_{22} 曲线。

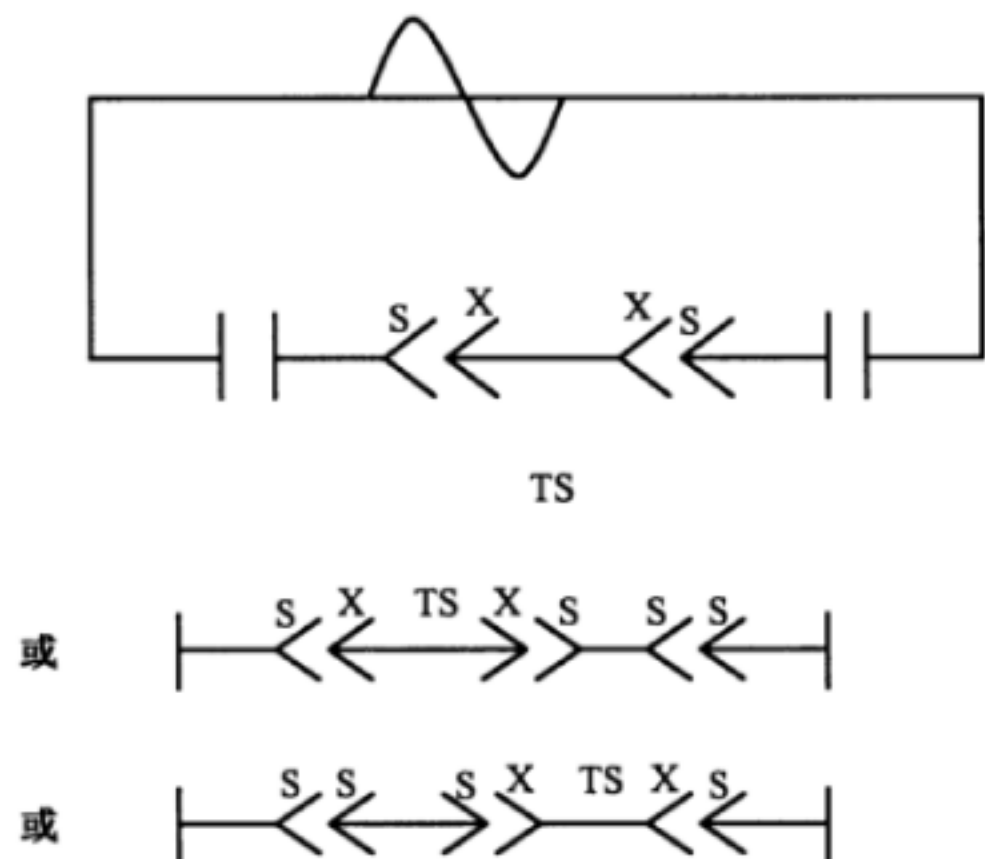


图 8 试验样品测试示意图

6.2 时域法

6.2.1 测试方法原理

将一个阶跃信号或脉冲信号输入至试验样品,信号传输至试验样品的被测点时,一部分能量会被反射回去,通过测量整个信号的传输时间(t ,如图 9 所示)可计算输入端到被测点的距离(L)。通过测量入射信号与反射信号的幅度,可以计算该位置的反射系数,如图 9 所示。

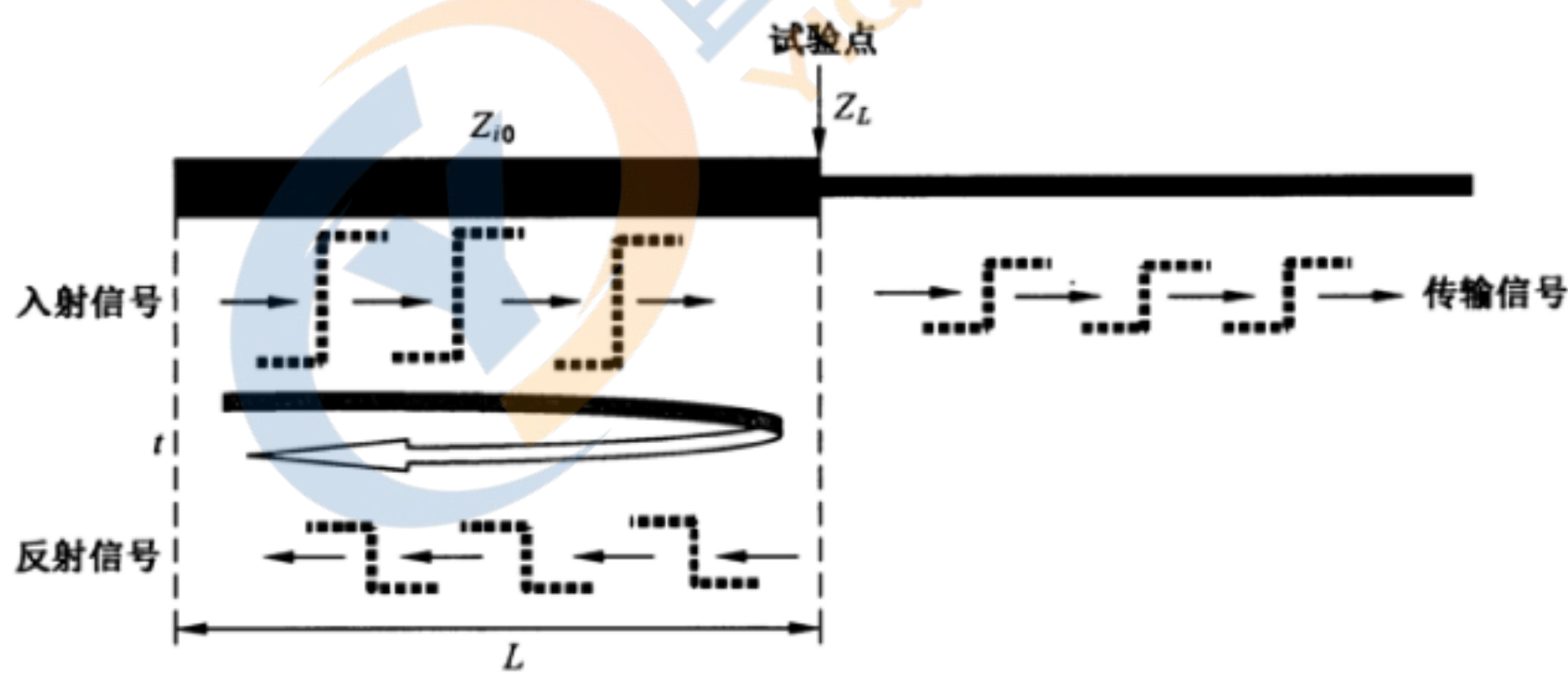


图 9 时域法测量原理示意

被测点的距离用式(7)确定。

$$L = \frac{v \times t}{2} = \frac{c \times t}{2 \times \sqrt{\epsilon_r}}$$

.....(7)

式中:

- L ——被测点的距离,单位为米(m);
- v ——传输速率,单位为米每秒(m/s);
- t ——整个信号的传输时间(如图 9 所示),单位为秒(s);
- c ——光速(3×10^8 m/s);
- ϵ_r ——电缆绝缘材料的介电常数。

被测点的反射系数、电压驻波比或回波损耗分别用式(1)、式(2)和式(3)确定。

6.2.2 试验设备

时域法试验设备如下：

- a) 测试设备：一台具有足够精度和准确度的时域反射计(TDR)。
- b) 校准件：一根已知标称阻抗的精密空气线、精密终端负载(与试样标称特性阻抗相同)、标准试验转接器。校准件的频率范围应覆盖整个测试频率范围。

6.2.3 试验程序

试验程序如下：

- a) 将时域反射计充分预热后，设置测试模式为测量试样的反射系数或回波损耗，频率设为相关标准规定的频率。
- b) 把精密空气线接入测试仪器和精密负载之间，如图 10 所示。



图 10 精密空气线接入位置示意图

- c) 把试验样品接到精密空气线和负载之间，当不能直接连接时，用标准试验转接器连接器，如图 11 所示，设置测试仪器的测试范围在被测试样上，然后，测定并记录试样的反射系数或回波损耗或电压驻波比-长度(时间)曲线。

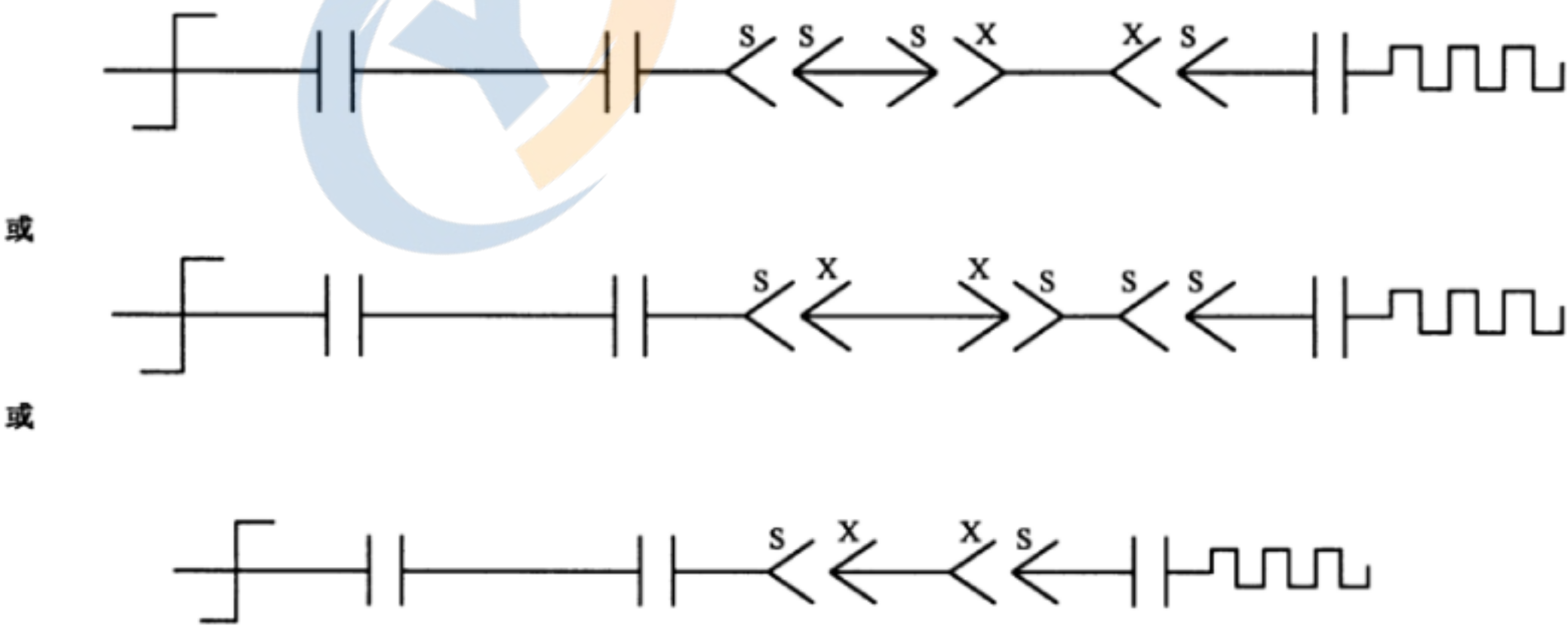


图 11 试验样品接入位置示意图

6.3 门控时域法

6.3.1 测试原理

反射系数等反射特性参数表示为频率的函数。通常应采用频域法进行测量，最好用扫频信号发生器。但由于试验样品固有的不均匀性，在不同的位置，其传输和反射特性是不同的，为了测量不同位置

的传输和反射特性,可以用傅立叶变换将频域特性转换为时域特性。矢量网络分析仪的时域测试功能可以直接将频域特性转换为时域特性,也可以将时域特性再转化为频域特性。

利用矢量网络分析仪的频域和时域转换功能,可以先用时域法测量后,利用时域法找出被测连接器的位置,通过设置门控,然后再测量门控内被测连接器的反射特性。这样测量理论上可以减少系统误差,得到被测连接器的准确特性。门控时域法可用来测量单只连接器的反射特性。

6.3.2 试验设备

门控时域法试验设备如下:

- a) 测试设备:适合的足够精度且带有时域功能的矢量网络分析仪(VNA);
- b) 校准件:开路器、短路器、精密终端负载、标准试验转接器。校准件的频率范围应覆盖整个测试频率范围。

注:当没有标准试验转接器时,需提供高性能的试验转接器,其回波损耗需优于被测样品 10 dB,且电长度基本相同。整个测试系统的电压驻波比需优于 $1.02 + 0.004 \cdot f(f:\text{GHz})$ 。

6.3.3 试验程序

试验程序如下:

- a) 按 6.1.3.1 中的 a)~c) 设置和校准系统和转接器(需要时);
- b) 将试验样品(DUT)接到测试仪器和负载之间或两转接器之间,同时将矢量网络分析仪转化为时域功能,打开门功能;
- c) 将测试仪器的测试范围(门的范围)设置在试验样品(DUT)的两端;
- d) 将矢量网络分析仪的时域功能转化为频域功能,记录测试 S_{11} 曲线。

7 失效判据

反射系数或电压驻波比或回波损耗应符合有关标准的规定。

8 有关标准应规定的内容

在相关标准中应规定下述内容:

- a) 测量的频率范围;
- b) 所用的试验方法;
- c) 所有的标准试验连接器的主要参数(必要时);
- d) 所有的测试夹具(需要时);
- e) 电缆连接器要规定试验用电缆型号;
- f) 测量要求;
- g) 与本试验方法不同之处。

9 试验报告

试验报告应包括内容:

- a) 试验名称;
- b) 环境条件;
- c) 所用的试验设备名称、编号以及计量有效期;

- d) 测试所用夹具(需要时);
 - e) 试验样品数量和测试频率;
 - f) 电缆连接器要规定试验用电缆型号;
 - g) 测试结果,包括测试曲线和单频结果值等;
 - h) 操作员的姓名和试验日期。
-

