


---

# 串联高频替代法检定衰减器

## 检定规程

Verification Regulation of Calibration  
Attenuator by Series R.F. Substitution



JIG 321—83

---

本检定规程经国家计量局于1983年10月26日批准，并自1984年10月1日起施行。

归口单位： 中国计量科学研究院

起草单位： 中国计量科学研究院

本规程技术条文由起草单位负责解释。

# 目 录

一、概述	(1)
二、主要技术特性	(1)
三、检定条件	(1)
(一) 环境条件	(1)
(二) 检定用主要仪器与设备	(2)
四、检定和测量项目	(2)
五、检定方法及程序	(2)
(一) 外观检查	(2)
(二) 检定前的准备工作	(2)
(三) 驻波比的测量	(3)
(四) 等效信号源端与等效负载端的调配	(3)
(五) 衰减量的检定	(4)
六、检定结果的处理	(5)
附录 1 检定系统的误差与衰减量定度值误差的计算	(7)
附录 2 改进的检定系统	(8)
附录 3 一种快速调配法	(10)
附录 4 检定证书及数据表格格式	(11)

## 串联高频替代法检定衰减器检定规程

本规程适用于以 S2-1、S3-1、SD3-1 及 S5-1 型（或准确度相当的）回转衰减器作标准，采用串联高频替代法，对准确度不高于  $\pm 0.1 \text{ dB}/10 \text{ dB}$  的波导衰减器的检定。

### 一、概 述

串联高频替代法（同频率比较法）检定衰减器的原理，是把被检衰减器和标准衰减器相串接，当改变两者衰减量时，保持检测器指示不变，由标准衰减器直接替代得知被检衰减器的衰减量。它具有简单、方便的特点。

回转衰减器按极化吸收原理制成，主要优点是起始衰减量小、驻波比小、相对相移小、频响好及准确度高，并在小衰减量时具有高的灵敏阈，是高频替代法中微波频段的一种理想的标准衰减器。

### 二、主要技术特性

作标准用的四种回转衰减器的主要技术特性如下表。

型 号	频 段 (MHz)	测量范围 (dB)	准确度 (dB/10dB)	驻 波 比
S 2-1	14500~16000	0~40	$\pm 0.02$	$< 1.1$
S 3-1	8200~12400	0~50	$\pm 0.02$	$< 1.1$
SD 3-1	7500~8700	0~40	$\pm 0.02$	$< 1.1$
S 5-1	3950~5850	0~50	$\pm 0.02$	$< 1.1$

### 三、检 定 条 件

#### (一) 环境条件

- 1 环境温度：10~35℃。

- 2 相对湿度:  $(65 \pm 15) \%$ 。
- 3 交流供电电压:  $220V \pm 10\%$ 。
- 4 周围环境无强电磁干扰和影响检定系统正常工作的机械振动。

#### (二) 检定用主要仪器与设备

- 5 经检定合格的相应频段标准回转衰减器。
- 6 相应频段且具有足够功率输出(与被检量程相适应)的微波信号源, 其频率稳定度优于  $1 \times 10^{-4}/30 \text{ min}$ , 幅度稳定度优于  $0.01 \text{ dB}/3 \text{ min}$ 。
- 7 相应频段合成电压驻波比优于 1.03 的测量线。
- 8 灵敏度优于精度/ $10 \mu\text{V}$  及灵敏阈优于 0.2% 的指示器。
- 9 相应频段的电平调节衰减器、调配器、检波器, 隔离度优于 15 dB 的隔离器, 驻波比  $S \leq 1.02$  的匹配负载。
- 10 电子交流稳压器。

### 四、检定和测量项目

- 11 外观检查
- 12 驻波比的测量
- 13 起始衰减量的测量
- 14 衰减量的检定

### 五、检定方法及程序

#### (一) 外观检查

- 15 被检衰减器应附有制造厂说明书、合格证书(修理后的除外)、校准曲线或图表, 以及保证其正常工作所必需的全套附件。
- 16 检定前应对被检衰减器进行外观检查。如衰减器的衰减片不能破损, 必须固定牢固; 吸收式可变衰减器的衰减片不得触及波导壁; 衰减器度盘应能在全部刻度范围内均匀调节, 并转动灵活。

#### (二) 检定前的准备工作

- 17 检定前必须熟悉标准衰减器、被检衰减器及所用仪器与设备的说明书。

## 18 连接检定系统的注意事项

18.1 放置检定系统的工作台应平稳牢固；

18.2 所有连接法兰盘应牢靠，连接处的弓形夹或螺钉要拧紧；

18.3 标准衰减器应置于自然连接状态。

19 接通信号源与指示器电源，按说明书要求进行预热。

## (三) 驻波比的测量

20 按方块图 1 连接系统，测量可变衰减器的驻波比。

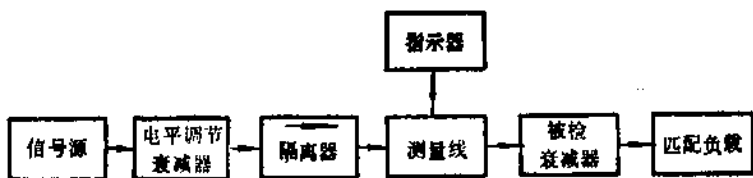


图 1

20.1 根据指示器要求，使信号源工作在方波调制或载波状态，并准确调在被测频率上；

20.2 在被检衰减器衰减量为零、中间和最大值位置或送检单位指定位置，分别测出输入端和输出端驻波比。

21 固定衰减器输入及输出端驻波比按 20 条方法测量。

## (四) 等效信号源端与等效负载端的调配

22 按方块图 2 连接系统，对等效信号源端进行调配。

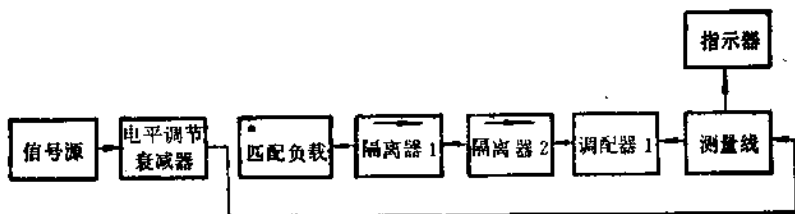


图 2

\*用一般负载即可，因检定用设备中有匹配负载，故用匹配负载。  
同理，附录 2 图 2-3 中也用匹配负载。

22.1 根据指示器要求,使信号源工作在方波调制或载波状态,并准确调在被测频率上。

22.2 调节调配器 1,使从指示器上得到的驻波比  $S \leq 1.02$ 。

23 按方块图 3 连接系统,对等效负载端进行调配。使用 22.1 款,并调节调配器 2,使从指示器上得到的驻波比  $S \leq 1.02$ 。

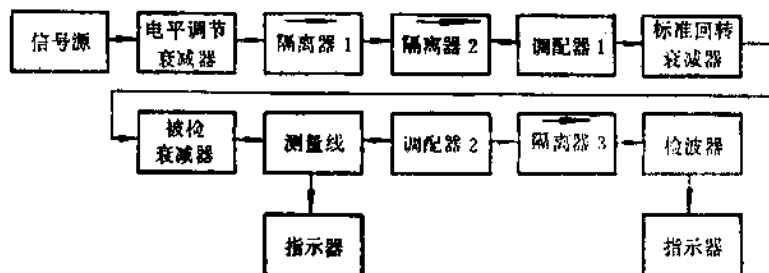


图 3

### (五) 衰 减 量 的 检 定

24 检定频率一般选取被检衰减器工作频率的高、中、低三点,或按其出厂时校准所用频率进行检定;或根据送检单位需要而定。

25 可变衰减器衰减量检定点的选取,对定度的衰减器,应以能给出光滑曲线为原则,或按其出厂时的校准点进行检定;对检定的衰减器,检定点一般不得少于 10 点;或根据送检单位需要而定。

26 可变衰减器起始衰减量的测量和衰减量的检定,按方块图 3 进行。

当被检衰减器的准确度为  $\pm 0.1 \text{ dB}/10 \text{ dB}$ , 被检衰减量不大于  $10 \text{ dB}$  时,由实测的衰减器的驻波比,按附录 1 式 (1) 算得的  $\Delta A$  与被检衰减器误差之比若大于  $1:3$  (如标准衰减器与被检衰减器两端的驻波比皆  $S > 1.07$  时),应采用附录 2 所推荐的检定系统进行检定。

26.1 检查信号源是否飘离原调定频率,如已飘离,则应调回到原频率。

26.2 把被检衰减器从检定系统中取出,两端直接相连,标准衰

减器置始值  $A_1$  ( $A_1$  应比估计的被检衰减器的起始衰减量稍大), 调节电平调节衰减器和微调指示器的增益, 使指示电表有一大于满刻度  $2/3$  的指示, 记住电表指针位置, 把被检衰减器接回原处, 并置于起始零位, 减小标准衰减器的衰减量, 使电表指针回到原位置, 读取标准衰减器的终值  $A_2$ , 则被检衰减器的起始衰减量为  $A_1 - A_2$ , 测量时可采用交替读数法进行, 通常重复测量 3 次, 取其算术平均值为测量值。

26.3 检查被检衰减器的回程误差, 若回程误差明显, 检定时应单方向调节被检衰减器。

26.4 把被检衰减器置于参考位置 (通常取起始零位), 标准衰减器置于始值  $A_1$  ( $A_1$  的值应比估计的被检衰减量稍大), 调节电平调节衰减器和微调指示器的增益, 使指示电表有一大于满刻度  $2/3$  的指示, 记住电表指针位置, 被检衰减器置于被检位置, 减小被检衰减器的衰减量, 使电表指针回到原位置, 读取标准衰减器的终值  $A_2$ , 检定时可采用交替读数法进行, 每一检定点通常重复测量 3 次, 取其算术平均值为检定值。

27 固定衰减器的检定方法同 26.2 款。

28 测量与检定中注意事项

28.1 只有系统稳定的情况下方可进行测量与检定;

28.2 测量与检定过程中, 等效信号源端与等效负载端的匹配状态均不得破坏;

28.3 若检定频率改变, 系统应重新调配;

28.4 指示器两次示值的时间间隔应尽量短。

## 六、检定结果的处理

29 经检定测量值与检定值合格的衰减器填发检定证书, 证书中对被检衰减器给出“合格”结论。否则, 给出“不合格”结论。在某种情况下也可只给出测量值与检定值, 或作若干说明。

30 根据测量与检定结果, 对定度衰减器给出测量值与定度值。

31 回程误差明显的被检衰减器, 应在检定证书上注明, 并说明

使用时的调节方向。

32 衰减器的检定周期最长为一年，修理后的衰减器应随时送检。



## 附 录

## 附录 1

## 检定系统的误差与衰减量定度值误差的计算

检定系统的误差为

$$\Delta A = \pm \sqrt{\Delta A_{rd}^2 + \Delta A_s^2 + \Delta A_{mis}^2} \quad (1)$$

式中:  $\Delta A_{rd}$ ——检定系统的随机误差, 取值 0.2%;

$\Delta A_s$ ——标准衰减器的误差;

$\Delta A_{mis}$ ——失配误差。

被检衰减器衰减量定度值的误差 (测量列算术平均值的误差) 为

$$\Delta A' = \pm \sqrt{\frac{(t\sigma)^2}{n} + \Delta A_s^2 + \Delta A_{mis}^2} \quad (2)$$

式中:  $\sigma$ ——测量列中单次测量的标准偏差;

$n$ ——同一检定点的测量次数;

$t$ ——“学生氏”分布的置信因子;

$\Delta A_s$ ——标准衰减器的误差;

$\Delta A_{mis}$ ——失配误差。

失配误差的计算:

对可变衰减器为

$$\Delta A_{mis} \approx \pm 8.69 \sqrt{\frac{(|\Gamma'_{in}|_s^2 + |\Gamma''_{in}|_s^2 + |\Gamma'_{in}|_x^2) \times |\Gamma_G|^2 + (|\Gamma'_{out}|_s^2 + |\Gamma''_{out}|_s^2 + |\Gamma'_{out}|_x^2) \times |\Gamma_L|^2 + (|\Gamma'_{out}|_s \times |\Gamma''_{out}|_s \times |\Gamma'_{in}|_x)^2 + (|\Gamma''_{out}|_s \times |\Gamma''_{in}|_x)^2}{\dots}} \quad (3)$$

式中:  $\Gamma_G$ ——由调配器 1 输出端向信号源方向看过去的源端反射系数;

$\Gamma_L$ ——由调配器 2 输入端向负载方向看过去的负载端反射系数;

$(\Gamma'_{in})_s$ ——标准衰减器在始值位置时输入端最大的反射系数；

$(\Gamma''_{in})_s$ ——标准衰减器在终值位置时输入端的反射系数；

$(\Gamma'_{out})_s$ ——标准衰减器在始值位置时输出端最大的反射系数；

$(\Gamma''_{out})_s$ ——标准衰减器在终值位置时输出端的反射系数；

$(\Gamma'_{in})_x$ ——被检衰减器在参考位置时输入端的反射系数；

$(\Gamma''_{in})_x$ ——被检衰减器在被检位置时输入端最大的反射系数；

$(\Gamma'_{out})_x$ ——被检衰减器在参考位置时输出端的反射系数；

$(\Gamma''_{out})_x$ ——被检衰减器在被检位置时输出端最大的反射系数。

对固定衰减器为

$$\Delta A_{m1s} \approx \pm 8.69 \sqrt{(|\Gamma'_{in}|_s^2 + |\Gamma''_{in}|_s^2 + |\Gamma_{in}|_x^2) \times |\Gamma_G|^2 + \dots \rightarrow} \\ \leftarrow \dots + (|\Gamma'_{out}|_s^2 + |\Gamma''_{out}|_s^2) \times |\Gamma_L|^2 + (|\Gamma'_{out}|_s \times \dots \rightarrow} \\ \leftarrow \dots \times |\Gamma_{in}|_x)^2 \quad (4)$$

式中： $\Gamma_G$ ,  $\Gamma_L$ ,  $(\Gamma'_{in})_s$ ,  $(\Gamma''_{in})_s$ ,  $(\Gamma'_{out})_s$ ,  $(\Gamma''_{out})_s$  同前；

$(\Gamma_{in})_x$ ——被检衰减器输入端的反射系数；

$(\Gamma_{out})_x$ ——被检衰减器输出端的反射系数。

式(3)、(4)中各 $|\Gamma|$ 值为反射系数的模，由 $|\Gamma| = \frac{S-1}{S+1}$ ，据测

得的驻波比 $S$ ，可算出各相应的 $|\Gamma|$ 值。

## 附录 2

### 改进的检定系统

当希望减小失配误差时，可采用下面的改进检定系统。

如图 2-1，不仅在标准衰减器与被检衰减器之间接入调配器 3 和 4，而且对标准衰减器的负载端及被检衰减器的源端也进行调配。

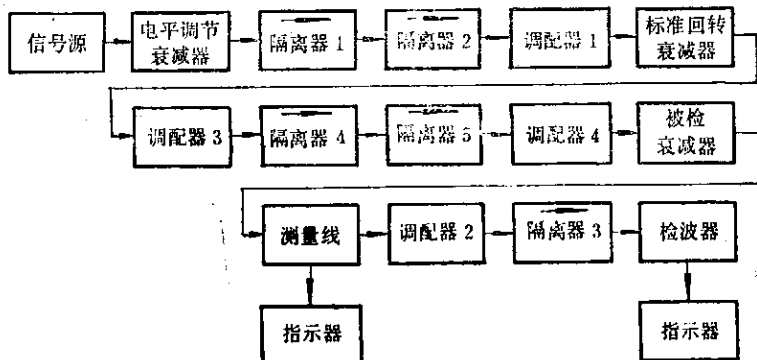


图 2-1

### 调配顺序为

1 按 22 条所述对等效信号源端进行调配。

2 按方块图 2-2 对标准衰减器的负载端进行调配。使用 22.1 款，并调节调配器 3，使从指示器上得到的驻波比  $S \leq 1.02$ 。

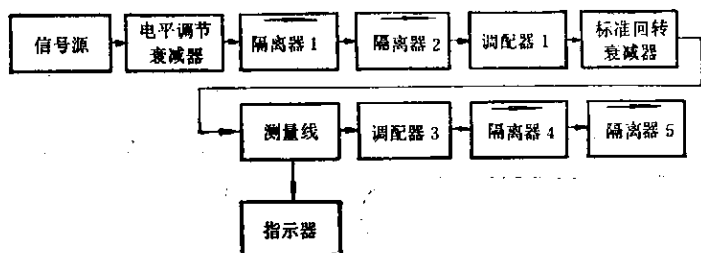


图 2-2

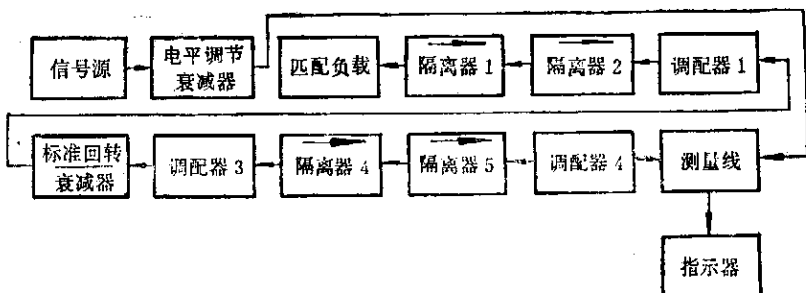


图 2-3

3 按方块图 2-3 对被检衰减器的源端进行调配。行使 22.1 款，并调节调配器 4，使从指示器上得到的驻波比  $S \leq 1.02$ 。

4 按方块图 2-1 对等效负载端进行调配。使用 22.1 款，并调节调配器 2，使从指示器上得到的驻波比  $S \leq 1.02$ 。

### 附录 3

#### 一种快速调配法

根据单螺钉调配器的纵向调节起幅度调节作用，横向调节起相位调节作用的原理，建议一种使用单螺钉调配器的快速调配方法。其调配步骤为：

1 调配器的横向调节位于任意位置，调纵向调节把螺钉旋出；

2 左右移动测量线探针，从指示器上得出  $V_{\max}$  及  $V_{\min}$  值（并调节电平调节衰减器和微调指示器的增益，使  $V_{\max}$  位于表头 2/3 以上的刻度处）；

3 置测量线探针于  $V_{\max}$ （或  $V_{\min}$ ）处，把调配器螺钉旋入到某一深度；

4 移动调配器的横向调节，使指示器指示为最小（或最大），

然后调纵向调节，使其指示为  $\frac{V_{\max} + V_{\min}}{2}$ ；

5 微调调配器的横向及纵向调节，使指示器指示符合第 4 条要求（当调配器相位调节与幅度调节相关时要进行这一步骤）；

6 用测量线检查调配后的驻波比  $S$ ，通常可满足  $S \leq 1.02$  的要求，否则可以适当微调一下调配器。

## 附录 4

## 检定证书及数据表格格式

## 1 检定证书格式

# 检 定 证 书

\_\_\_\_\_ 字 第 \_\_\_\_\_ 号



计量器具名称 \_\_\_\_\_  
 型号规格 \_\_\_\_\_  
 制 造 厂 \_\_\_\_\_  
 出 厂 编 号 \_\_\_\_\_  
 设 备 编 号 \_\_\_\_\_  
 送 检 单 位 \_\_\_\_\_  
 检 定 结 果 \_\_\_\_\_

负 责 人 \_\_\_\_\_  
 核 验 员 \_\_\_\_\_  
 检 定 员 \_\_\_\_\_

检 定 日 期            年        月        日  
 有 效 期 至           年        月        日



