

中 华 人 民 共 和 国

国家计量检定规程

回 转 衰 减 器

JJG 322--83

回转衰减器检定规程

Verification Regulation of Rotary

Vane Attenuator

JJG 322—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

上海市测试技术研究所

本规程技术条文由起草单位负责解释。

本规程主要起草人：

金为轩 （中国计量科学研究院）

蒋和平 （上海市测试技术研究所）

参加起草人：

顾 及 （中国计量科学研究院）

邵美云 （上海市测试技术研究所）

目 录

一、概述	(1)
二、技术要求	(1)
三、检定条件	(1)
四、检定项目	(2)
五、检定方法	(2)
(一) 外观检查	(2)
(二) 衰减量的检定	(3)
(三) 驻波比的检定	(5)
(四) 起始衰减量的检定	(5)
(五) 检定中注意事项	(6)
六、检定结果的处理	(6)
附录 1 调制副载波法衰减标准装置的工作原理 及使用方法	(7)
附录 2 自校准法衰减标准装置的工作原理 及使用方法	(9)
附录 3 等电平法测试回转衰减器的自校零位	(9)
附录 4 检定证书格式	(13)

回转衰减器检定规程

本规程适用于新制造的、使用中和修理后的准确度为 $\pm(0.02\sim 0.05)$ dB/10 dB 的各类回转衰减器的检定。

一、概 述

回转衰减器具有起始衰减量小、准确度高、频率响应好、相移小、分辨率高和稳定性好等优点，是微波波段广泛使用的一种精密衰减器，常被作为标准用来校准低一级的衰减标准装置和工作衰减器。

回转衰减器由三段波导串联组成。两端是固定的矩形—圆形过渡波导，中间段为圆波导，可绕其纵轴旋转。在两端方圆过渡波导的中心平面上装有电阻衰减片，它们平行于矩形波导的宽边。中间圆波导的直径平面上也装有衰减片，在起始位置，它与两端的固定衰减片处在同一平面上。

当衰减片旋转 θ 角度时，对应的衰减变化量为：

$$A = -40 \log \cos \theta \quad (1)$$

式中， A 的单位为 dB。

二、技 术 要 求

- 1 工作波段：2 cm、3 cm、大 3 cm ($>3 \text{ cm} \sim <5 \text{ cm}$)、5 cm。
- 2 测量范围：0~40 dB。
- 3 准确度： $\pm(0.02\sim 0.05)$ dB/10 dB。
- 4 驻波比： ≤ 1.2 。
- 5 起始衰减： ≤ 0.3 dB。
- 6 自校零位：不超过 $\pm 10'$ 。
- 7 自校零位的频率特性：不大于 $5'$ 。

三、检 定 条 件

- 8 环境条件

- 8.1 温度: $10\sim 25^{\circ}\text{C}$ 。
- 8.2 相对湿度: $\leq 80\%$ 。
- 8.3 电源: $220\text{V} \pm 10\%$, 50Hz 。
- 8.4 无强电磁场干扰和影响正常工作的其它机械振动。

9 标准装置

- 9.1 相应频段调制副载波法或低中频法衰减标准装置 1 套。
- 9.2 相应频段自校准法衰减标准装置 1 套。

10 主要仪器设备

- 10.1 相应频段微波信号源 1 台。
- 10.2 相应频段精密波导测量线 1 台(合成驻波比不大于 1.01)。
- 10.3 相应频段标准衰减器 1 台(准确度不低于 $\pm 0.05\text{dB}/10\text{dB}$)。
- 10.4 选频放大器 1 台(如 XF-01 型选放)。
- 10.5 相应频段匹配负载 1 个(驻波比 1.02 以下)。
- 10.6 相应频段晶体检波器 1 个。
- 10.7 相应频段隔离器 2 个(隔离度不小于 20 dB)。
- 10.8 相应频段调配器 2 个。
- 10.9 相应频段可变短路器 1 个。

四、检定项目

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

五、检定方法

(一) 外观检查

- 15 被检衰减器送检时应附有制造厂说明书、合格证书及前次检定证书。
- 16 检查衰减器机械调节部分是否正常。
- 17 检查读数系统是否清晰、刻度、对线是否正确。

18 检查衰减片是否完好，有无其他损坏现象。

(二) 衰减量的检定

19 调制副载波法衰减标准装置检定衰减量

19.1 调制副载波法衰减标准装置开机预热一小时。

19.2 衰减标准装置的被检衰减器接入处两端的驻波比调配到1.02以下。

19.3 被检衰减器接入调制副载波法衰减标准装置，按该装置的调整方法进行调整，达到正常工作。

19.4 用等电平法测试被检衰减器的自校零位（见附录3）。

注：对于零位固定的衰减器不测自校零位。

19.5 将被检衰减器置于起始位置（零位），调整标准装置使其指示器平衡指零，记下感应分压器读数 α_1 。然后将被检衰减器置于待检位置，调节感应分压器使装置指示器重新平衡指零，并记下感应分压器读数 α_2 。则待检位置的衰减量 A 按下式计算：

$$A = 20 \log \frac{\alpha_1}{\alpha_2} \quad (2)$$

19.6 对于具有角度刻度的被检衰减器，选取 57° 、 72° 、 80° 和 84° 四个角度作为待检衰减量位置。

19.7 每个检定点要重复测试三次以上，取算术平均值 \bar{A} 作为检定值。

19.8 检定频率点应在相应频段内选取高、中、低三点。

19.9 被检衰减器待检衰减量误差按下式计算：

$$\Delta A = -40 \log \cos (\theta - \theta_0) - \bar{A} \quad (3)$$

式中： ΔA ——待检衰减量误差（dB）；

θ ——被检衰减器待检位置角度读数；

θ_0 ——被检衰减器的自校零位。

19.10 对于具有直接衰减刻度（分贝）的被检衰减器，选取10、20、30、40 dB为待检衰减量位置。其误差按下式计算：

$$\Delta A = A_{\text{示值}} - \bar{A} \quad (4)$$

式中： $A_{\text{示值}}$ ——被检衰减器的示值（dB）。

20 自校准法衰减标准装置检定衰减量

20.1 自校准法衰减标准装置开机预热一小时。

20.2 被检衰减器接入处两端的驻波比调配到 1.02 以下。

20.3 被检衰减器接入自校准法衰减标准装置，按该装置的调整方法进行调节，达到正常工作。

20.4 用等电平法测试被检衰减器的自校零位（见附录 3）。

注：对于零位固定的衰减器不测自校零位。

20.5 将被检衰减器置于起始位置（零位），先接通标准装置的一个通道，调整标准装置使其指示器平衡指零，然后把标准装置的两个通道都接通，再调节被检衰减器，使指示器重新平衡指零，记下被检衰减器读数 θ_1 ，则被检衰减器在读数 θ_1 位置的衰减量 A_1 等于 6.0206 dB。20.6 以上一步测得的被检衰减器读数位置 θ_1 为起始位置，重复 20.5 款测得被检衰减器读数 θ_2 ，则被检衰减器在读数 θ_2 位置的衰减量 A_2 等于 $6.0206 \times 2 = 12.041$ (dB)。

20.7 重复 20.6 款，利用 6.0206 步进测得：

$$A_3 = 6.0206 \times 3 = 18.062 \text{ (dB)}$$

$$A_4 = 6.0206 \times 4 = 24.082 \text{ (dB)}$$

$$A_5 = 6.0206 \times 5 = 30.103 \text{ (dB)}$$

$$A_6 = 6.0206 \times 6 = 36.124 \text{ (dB)}$$

$$A_7 = 6.0206 \times 7 = 42.144 \text{ (dB)}$$

20.8 被检衰减器每一个 θ 读数位置要重复测试三次以上，取算术平均值 $\bar{\theta}_i$ 为检定值。

20.9 检定频率点应在相应频段内选取高、中、低三点。

20.10 具有角度刻度的被检衰减器的衰减量误差，按下式计算：

$$\Delta A_i = -40 \log \cos (\bar{\theta}_i - \theta_0) - A_i \quad (5)$$

式中： ΔA_i ——待检衰减量的误差 ($i = 1, 2, \dots, 7$)， θ_0 ——被检衰减器的自校零位； A_i ——被检衰减器的衰减量检定值 ($i = 1, 2, \dots, 7$)。20.11 对于具有直接衰减刻度（分贝）的被检衰减器 $\bar{\theta}_i$ 即为

$\bar{A}_{i\text{示值}}$ (dB)。待检衰减量误差按下式计算:

$$\Delta A_i = \bar{A}_{i\text{示值}} - A_i \quad (6)$$

式中, ΔA_i 的单位为 dB。

(三) 驻波比的检定

注: 本项技术指标只用于出厂检定, 使用中的衰减器可以免检。

21 按图 1 连接检定系统。

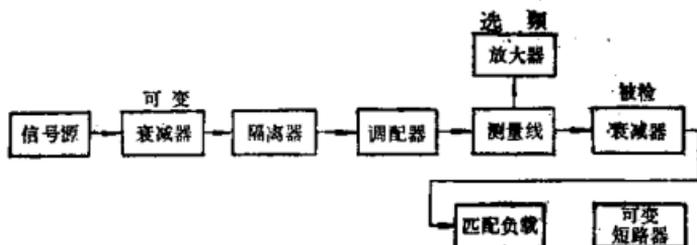


图 1 驻波系数检定系统方块图

22 接通电源, 开机预热一小时。

23 将检定系统的被检衰减器接入处两端的驻波系数调配到 1.02 以下。

24 被检衰减器接入检定系统, 在其起始、中间和最大位置上, 分别测出其输入端和输出端的驻波系数。

25 检定频率点应在相应频段内选取高、中、低三点。

(四) 起始衰减量的检定

注: 本项技术指标只用于出厂检定, 使用中的衰减器可以免检。

26 按图 2 连接检定系统。

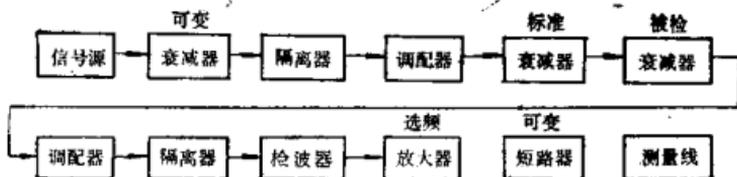


图 2 起始衰减量检定系统方块图

27 接通电源，开机预热一小时。

28 将检定系统的标准衰减器与被检衰减器接入处两端的驻波比调配到1.02以下。

29 标准衰减器和被检衰减器接入检定系统，将被检衰减器置于起始位置（零位），调整检定系统电平，使选频放大器获得近满度处指示 α ，记下标准衰减器读数 l_1 。

30 去掉被检衰减器，调节标准衰减器，使选频放大器重新获得指示 α ，记下标准衰减器读数 l_2 。

31 被检衰减器的起始衰减量按下式计算：

$$A_0 = A(l_2) - A(l_1) \quad (7)$$

式中： A_0 ——被检衰减器的起始衰减量（dB）；

$A(l_2)$ ——标准衰减器在读数 l_2 位置时的衰减量；

$A(l_1)$ ——标准衰减器在读数 l_1 位置时的衰减量。

32 重复29~31条测量三次以上，取算术平均值为检定值。

33 检定频率点应在相应频段内选取高、中、低三点。

（五）检定中注意事项

34 检定过程中，系统匹配状态要保持不变，改变检定频率后则要重新调配。

35 被检衰减器接入检定系统时，要细心调整高度，避免被检衰减器两端法兰受力过大，并保持其转动灵活。

36 检定人员应在两人以上并操作熟练，以保证检定结果正确可靠。

六、检定结果的处理

37 经检定合格的衰减器发给检定证书，被检项目中有不符合技术指标者，发给检定通知书，并注明不合格情况。

38 回转衰减器的检定周期最长为两年。

附 录

附录 1

调制副载波法衰减标准装置的工作原理及使用方法

(一) 工作原理

调制副载波法测量衰减的基本工作原理是将微波信号线性地变为音频信号，然后用高精确度的音频衰减标准（感应分压器）来替代被测的微波衰减，从而达到准确测量之目的，其原理方块图见图 1-1。

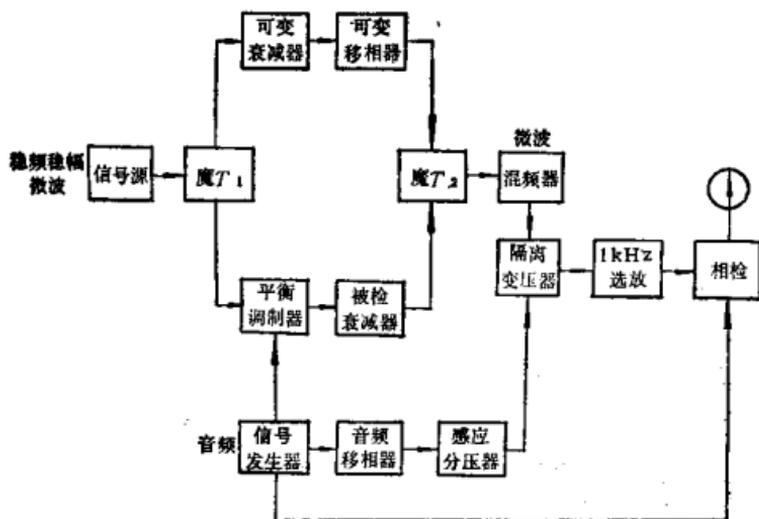


图 1-1 调制副载波法测量衰减的工作原理图

稳频稳幅微波信号源输出的信号经魔 T （或定向耦合器）分成两路，一路称为载波通道，通道中有调整载波功率电平的可变衰减器和调整相位用的可变移相器，使加到微波混频器上的载波功率约 1.5mW，以保证微波混频器工作在线性段。另一路称为副载波通道，其信号先通过平衡调制器，接受 1kHz 的音频信号对微波信号进行幅度调制，

该信号经被检衰减器加到微波混频器上。

如果微波混频器是理想线性的，则混频器输出的音频基波分量 E_o 可用下式表示：

$$E_o = -mE_{sc} \left[\cos \theta - \sin^2 \theta \sum_{q=1}^{\infty} \frac{m^q r^q P'_q}{q(q+1)} G_{q+1,1} \right] \quad (1-1)$$

式中： E_{sc} ——副载波通道中的载波幅度；

m ——调制器的调制系数；

r ——副载波通道与载波通道信号幅度的比值；

θ ——载波与副载波信号之间夹角的补角；

P'_q ——勒让德多项式的一阶导数；

$G_{q+1,1}$ —— $(\cos \Omega t)^{q+1}$ 的一次谐波的富氏系数。

当 $\theta = 0^\circ$ 或 $\theta = 180^\circ$ 时，载波通道与副载波通道的信号反相或同相时，则

$$E_o \ll mE_{sc} \quad (1-2)$$

从 (1-2) 式可以看出，这时 E_o 与 E_{sc} 成正比。所以，只要微波混频器是理想线性的，同时载波通道与副载波通道的信号同相或反相，则被测的微波衰减就可以由标准的音频衰减来确定。

(二) 装置使用方法

1 接通电源开机预热一小时后，调整稳幅器和稳频器，使其正常工作。

2 调整载波通道中的可变衰减器，使载波功率电平为 1.5mW。

3 被检衰减器接入处两端的驻波比调配到 1.02 以下。

4 调整混频器的调谐机构，使其输出信号最大。

5 调整载波通道中的可变移相器，使输出信号最大。

6 将被检衰减器调到参考位置（零位），调整感应分压器和音频移相器，使相检指零，记下感应分压器的读数 α_1 。

7 将被检衰减器调到待检位置，调整感应分压器，使相检再次指零，记下感应分压器相应的读数 α_2 。

8 待检衰减量按下式计算：

$$A = 20 \log \frac{a_1}{a_2} \quad (1-3)$$

式中，衰减量的单位为dB。

附录 2

自校准法衰减标准装置的工作原理及使用方法

(一) 工作原理

自校准法衰减标准装置的工作原理方块图见图2-1。

将来自微波信号源的信号分 a 、 b 、 c 三个通道， a 通道称为参考通道， b 、 c 两通道称为电平倍增通道，借助参考通道使电平倍增通道幅度和相位都调整到相同。当一个通道接通（另一个通道断开）变到两个通道同时接通时，输出电压将提高二倍，功率提高四倍，以分贝表示（6.0206dB 这个量是个绝对量），用这个绝对量来步进检定衰减器。

(二) 装置使用方法

- 1 接通电源开机预热一小时后，调整微波信号源与指示器，达到正常工作。
- 2 被检衰减器接入处两端的驻波比调配到1.02以下。
- 3 将电平倍增通道 b 与 c 的微波相位调到相同。
- 4 将电平倍增通道 b 与 c 的微波幅度调到相等。
- 5 将被检衰减器调到参考位置（零位），接通一个电平倍增通道，调整参考通道的回转衰减器使相检指零。
- 6 同时接通两个电平倍增通道，调整被检衰减器使相检指零，记下被检衰减器读数 θ 。
- 7 被检衰减器在 θ 读数位置的衰减量等于6.0206dB。
- 8 利用6.0206dB 步进检定被检衰减器。

附录 3

等电平法测试回转衰减器的自校零位

回转衰减器的衰减量在 $0^\circ \sim 360^\circ$ 范围内角度变化是周期对称的，也就是说在 $0^\circ \sim 90^\circ$ ， $0^\circ \sim 270^\circ$ ， $180^\circ \sim 90^\circ$ ， $180^\circ \sim 270^\circ$ 四个象限范围内衰减量都是从最小值变到最大值。所以衰减器的零位可以根据相

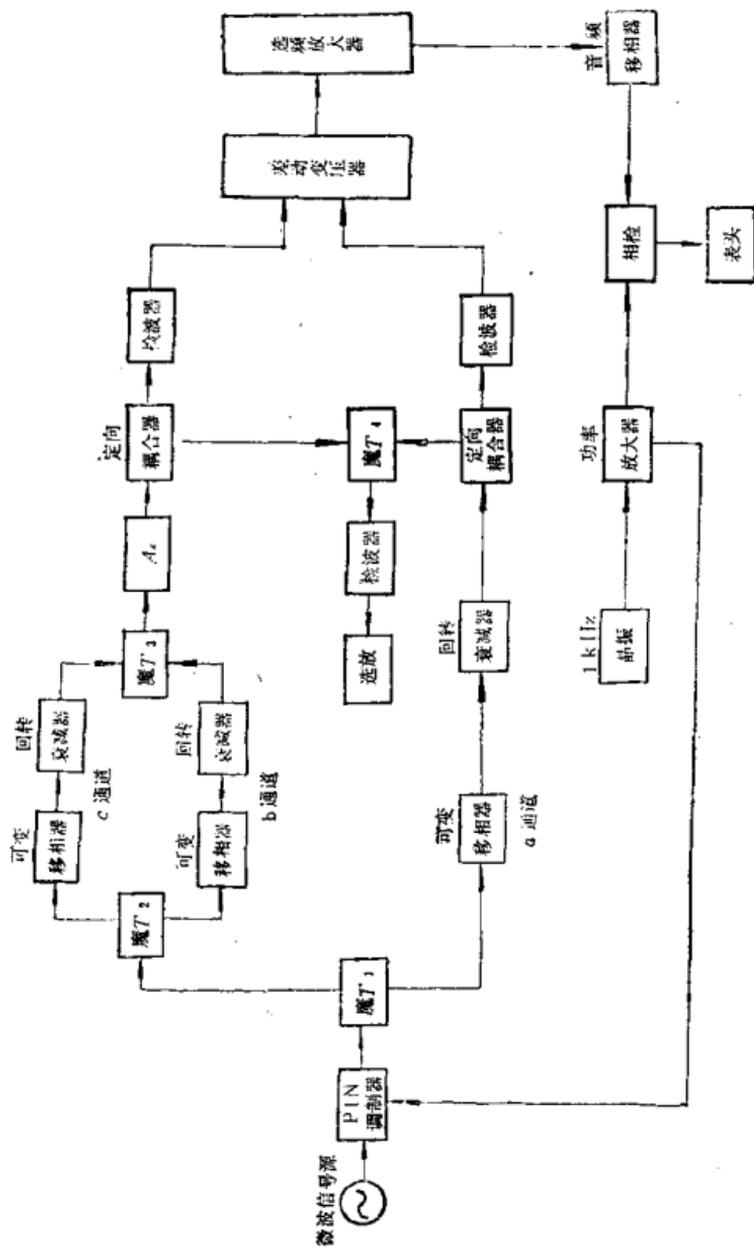


图 2-1

邻两个象限衰减变化的对称性，采用等电平法来获得。

回转衰减器的电气零位与读数装置零位不重合的示意图如下：

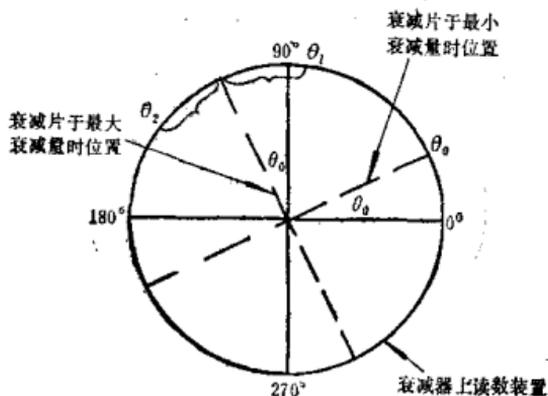


图 3-1

θ_0 —衰减器的零位；

θ_1 、 θ_2 —等电平指示时的两个角度读数（即衰减器两个相等衰减量处的角度读数）

由于在 $90^\circ + \theta_0$ 附近两个象限内衰减变化规律是对称的，所以

θ_1 与 θ_2 是以 $90^\circ + \theta_0$ 相对称，即 $90^\circ + \theta_0 = \frac{\theta_1 + \theta_2}{2}$ 。所以

$$\theta_0 = \frac{\theta_1 + \theta_2}{2} - 90^\circ$$

回转衰减器的自校零位 θ_0 ，就可以通过两个相等衰减量读数位置 θ_1 、 θ_2 的测试来求得。

为了使自校零位测试准确，必须在衰减器角度分辨率 ($\Delta A / \Delta \theta$) 较高的情况下测试，因此 θ_1 要大于 80° 。

测试方法：

1 将回转衰减器置于 80° 位置（即 θ_1 ），调节测试系统，使在指示器上获得指示 α 。

2 回转衰减器从 80° 位置向角度增加方向旋转，直至衰减器输出端信号电平逐渐减小，然后又增大，使指示器恢复到原来指示 α ，记下回转衰减器读数 θ_2 。

3 自校零位 θ_0 可按式计算:

$$\theta_0 = \frac{80^\circ + \theta_2}{2} - 90^\circ = \frac{1}{2}(\theta_2 - 100^\circ)$$

附录 4

检定证书格式

检定单位名称

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

