



中华人民共和国国家计量检定规程

JJG 545—2006

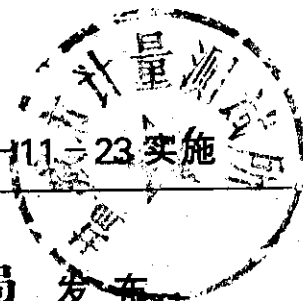
频标比对器

Frequency Comparator

2006-05-23 发布

2006-11-23 实施

国家质量监督检验检疫总局 发布



频标比对器检定规程

Verification Regulation of
Frequency Comparator

JJG 545—2006
代替 JJG 545—1988

本规程经国家质量监督检验检疫总局 2006 年 5 月 23 日批准，并自 2006 年 11 月 23 日起施行。

归口单位：全国时间频率计量技术委员会

主要起草单位：石家庄市无线电四厂

参加起草单位：中国计量科学研究院

中国科学院武汉物理与数学研究所

本规程委托全国时间频率计量技术委员负责解释

本规程主要起草人：

冯 卫 （石家庄市无线电四厂）

参加起草人：

赵良弼 （中国计量科学研究院）

盛荣武 （中国科学院武汉物理与数学研究所）

目 录

1 范围	(1)
2 术语和计量单位	(1)
3 概述	(1)
4 计量性能要求	(1)
4.1 参考频率	(1)
4.2 被测频率	(1)
4.3 最大相对频差	(1)
4.4 测量带宽	(1)
4.5 输入灵敏度	(1)
4.6 频差倍增次数	(1)
4.7 输出幅度	(2)
4.8 比对不确定度	(2)
4.9 倍增输出	(2)
5 通用技术要求	(2)
5.1 外观标志	(2)
5.2 电源和输入输出	(2)
5.3 其他	(2)
6 计量器具控制	(2)
6.1 检定条件	(2)
6.2 检定项目和检定方法	(3)
6.3 检定结果的处理	(8)
6.4 检定周期	(8)
附录 检定证书和检定结果通知书内页格式	(9)

频标比对器检定规程

1 范围

本规程适用基于频差倍增技术频标比对器的首次检定、后续检定和使用中检验。

2 术语和计量单位

比对不确定度——频标比对器在测量时引入的不确定度，用相对频差的阿仑标准偏差表示，与取样时间有关。

输入灵敏度——频标比对器正常工作所需的输入信号的最小电压，用有效值表示。

测量带宽——频标比对器信号输出级通带带宽，单位 Hz。

最大相对频差——频标比对器正常工作时，被测频率相同的两输入信号实际频率相对偏差的最大值，与倍增级数有关。

3 概述

频标比对器（以下简称比对器）是一种频标的时域特性测量装置。基本原理是用频差倍增技术提高频率测量的分辨率。终端测量仪器为计数器，测得的原始数据是两频标的平均频率差。当配备相应的数据采集器和处理软件时，自动计算出频率准确度、稳定度等频标的时域技术指标。

比对器广泛应用于军工、通信、科研及计量等部门。

4 计量性能要求

4.1 参考频率

1MHz, 5MHz, 10MHz

4.2 被测频率

1MHz, 5MHz, 10MHz

4.3 最大相对频差

$\pm 1 \times 10^{-6} \sim \pm 1 \times 10^{-10}$

4.4 测量带宽

10Hz, 100Hz, 1kHz, 10kHz

4.5 输入灵敏度

$\leq 0.5V(\text{rms})$

4.6 频差倍增次数（对 1MHz 被测频率）

$10^2, 10^3, 10^4, 10^5$

4.7 输出幅度

$\geq 0.3V(\text{rms})$ (高阻)

4.8 比对不确定度

$\leq 1 \times 10^{-11}/\tau$

τ ——取样时间, 为 1ms~100s。

4.9 倍增输出

有倍增信号的输出端口。

5 通用技术要求

5.1 外观标志

比对器的前面板或后面板上应标有仪器名称、型号、制造厂、出厂序号、电源要求。

5.2 电源和输入输出

仪器的电源开关、输入输出端口应有明确识别标志。

5.3 其他

仪器送检时要带有使用说明书, 后续检定还需附带前次检定的检定证书。

6 计量器具控制

计量器具控制包括首次检定、后续检定和使用中检验。

6.1 检定条件

6.1.1 检定用设备

6.1.1.1 参考频标

输出频率为 1MHz、5MHz、10MHz。频率稳定度小于或等于被检比对器比对不确定度的 10 倍。输出幅度 $\geq 0.5V(\text{rms})$ 。频率准确度优于 1×10^{-8} 。

6.1.1.2 频率合成器

频率范围: 100kHz~15MHz

最小频率分辨力: 1mHz

输出电平: 10mV~2V(rms)

最小电平分辨力: 10mV

输出阻抗: 50 Ω 或高阻可选

有外接频标功能

6.1.1.3 通用计数器

测量范围: 10Hz~100MHz

测量分辨力: 频率测量 $\leq 1\text{mHz}$, 周期测量 $\leq 1\text{ns}$

输入阻抗: 可在 50 Ω 和高阻间选定

有外接频标功能

6.1.1.4 高频毫伏表

频带宽度： $\geq 10\text{MHz}$

测量分辨力： 10mV(rms)

6.1.1.5 示波器

频带宽度： $\geq 10\text{MHz}$

测量分辨力： 10mV(rms)

6.1.2 检定环境条件

6.1.2.1 环境温度

$(15\sim 30)\text{℃}$ ，检定过程中温度变化不应超过 $\pm 2\text{℃}$ 。

6.1.2.2 环境相对湿度

$\leq 80\% \text{RH}$ 。

6.1.2.3 周围无影响仪器正常工作的电磁干扰和机械震动，在测量过程应避免接通或断开其他电子仪器及电气设备。

6.1.3 其他要求

6.1.3.1 交流电源

$220(1\pm 10\%) \text{V}$ ， $50(1\pm 2\%) \text{Hz}$ 。

6.1.3.2 在检定过程中负载应固定不变。

6.2 检定项目和检定方法

6.2.1 检定项目

见表1。

表1 检定项目

项目名称	首次检定	后续检定	使用中检验
外观及工作正常性检查	+	+	+
输入灵敏度	+	+	-
测量带宽	+	+	-
最大允许相对频偏	+	+	-
频差倍增次数	+	+	-
输出幅度	+	-	-
比对不确定度	+	+	+
注：“+”为应检项目，“-”为可不检项目。			

6.2.2 外观及工作正常性的检查

被检比对器不应有影响正常工作的机械损伤，各项标识应清楚完整，控制开关定位正确，按键灵活可靠，插座连接稳固。

按图 1 连接仪器。

先后将参考频标源的 1MHz、5MHz 和 10MHz 信号同时加到被检比对器的参考和被测输入端。示波器显示的波形应稳定无失真。

如果比对器内置了计数器，读数应正确。各项测试功能应该能正常工作。

确认被检比对器已通过外观及工作正常性检查后，进行计量性能要求的检定。



6.2.3 输入灵敏度的检定

6.2.3.1 被测输入灵敏度的检定

按图 2 连接仪器。

将参考频标的 10MHz 信号加到比对器参考输入端。频率合成器输出信号同时加到比对器被测输入端和高频毫伏表输入端。高频毫伏表选择高阻输入，比对器倍增输出加到示波器（或计数器）输入端。

频率合成器输出频率置为 1MHz，输出幅度以比对器给定灵敏度的十分之一为起点逐步增加，观察倍增输出，直到示波器显示波形无失真（或计数器读数正常）。高频毫伏表的测得值（有效值）即为 1MHz 的被测输入灵敏度。

频率合成器输出频率分别置为 5MHz 和 10MHz，按同法获得 5MHz 和 10MHz 的被测输入灵敏度。

将检定结果记录在附表 A.1

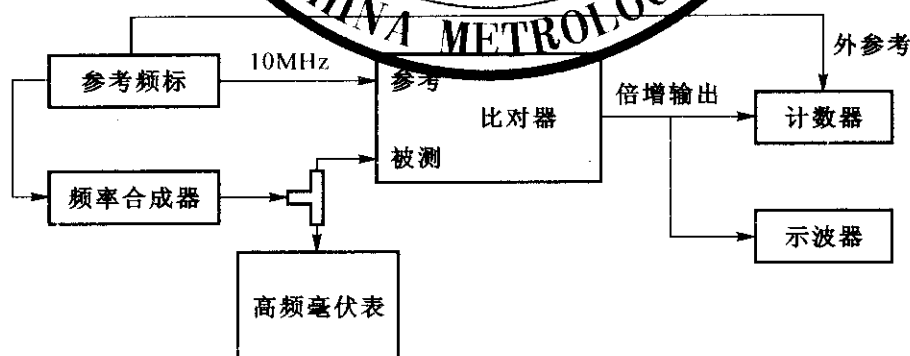


图 2 被测输入灵敏度检定

6.2.3.2 参考输入灵敏度的检定

按图 3 连接仪器。

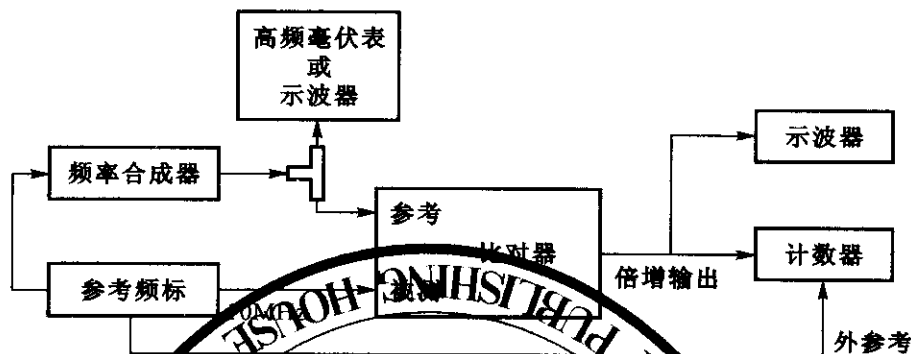


图 3 参考输入灵敏度检定

将参考频标的 10 MHz 信号加到被测输入端，频率合成器输出信号同时加到比对器参考输入端和参考毫伏表输入端，参考毫伏表选择高阻输入，比对器倍增输出加到示波器（或计数器）输入端。

按 6.2.3.1 的方法进行。

将检定结果记录在附表 A.1。

6.2.4 测量带宽的检定

按图 4 连接仪器。

频率合成器输出 1 MHz 或 5 MHz 或 10 MHz 信号，输出电平足够大，同时加到比对器的参考和被测输入端，比对器倍增输出加到示波器（或高频毫伏表）输入端，示波器（或高频毫伏表）选择高阻输入。

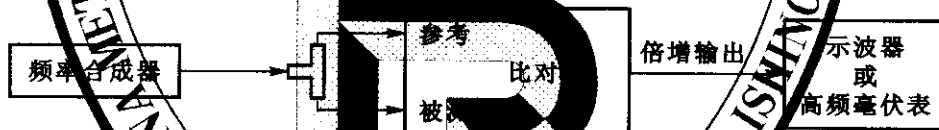


图 4 测量带宽检定

选择比对器倍增次数最低的倍增输出端，示波器（或高频毫伏表）测得的电压峰值幅度为 U ，以被检比对器测量带宽的 $1/10$ 为步长，分别增加和减小频率合成器输出频率，直到示波器上的电压幅度达到 $0.707U$ 为止，记下频率合成器的输出频率 f_{\max} 及频率 f_{\min} ，按式 (1) 计算比对器该倍增输出级的测量带宽 B 。

$$B = \frac{f_{\max} - f_{\min}}{N} \quad (1)$$

式中： $N = \frac{f_0}{f_M}$ ；

f_0 ——1 MHz, 5 MHz 或 10 MHz；

f_M ——倍增输出级的标称频率。

依次选择被检比对器不同的倍增输出端,重复上述测量,可得多个带宽值。当被检比对器的带宽与倍增次数无关时,则取上述测得带宽的最小值作为检定结果;当被检比对器按倍增次数分别给出测量带宽时,则以上述测得的对应倍增次数的带宽值作为检定结果。

当被检比对器有多个带宽可供选择,依次选择不同的带宽按照上述测量步骤检定。

检定结果记录在附录表 A.2。

6.2.5 最大相对频差的检定

按图 5 连接仪器。

从比对器的最低倍增输出端开始依次检定。

频率合成器输出频率为 1MHz,以比对器给定的最大允许相对频偏的十分之一为步进量,逐步增加输出频率,直到示波器上的波形失真(或计数器的读数不正常)为止。记下前一次正常时频率合成器输出的频率值,设为 f_{\max} 。

按同样方法,从 1MHz 逐步减少,记下的频率值为 f_{\min} 。

按式(2)及式(3)分别计算出两个方向的最大允许相对频差 δ_1 及 δ_2 ,取其中较小的作为检定结果记录在附录表 A.3。

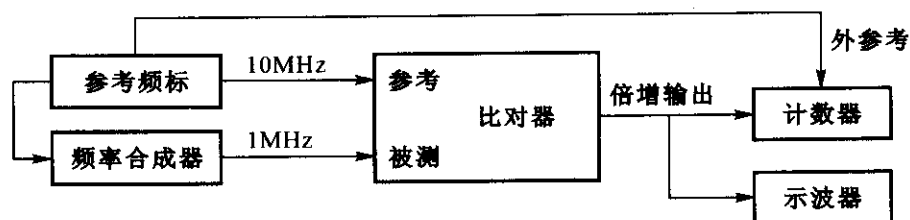


图 5 最大允许频差的检定

$$\delta_1 = \frac{f_{\max} - f_0}{f_0} \quad (2)$$

$$\delta_2 = \frac{|f_{\min} - f_0|}{f_0} \quad (3)$$

式中： f_0 ——1MHz。

依次选取各级倍增输出端,重复上述操作,给出相应各倍增级正常工作时的最大相对频差。

当比对器有不同的带宽可选择时,应分别在不同带宽上进行上述检定。

6.2.6 频差倍增次数的检定

频差倍增次数都是相对于 1MHz 频率而言。

按图 6 连接仪器。

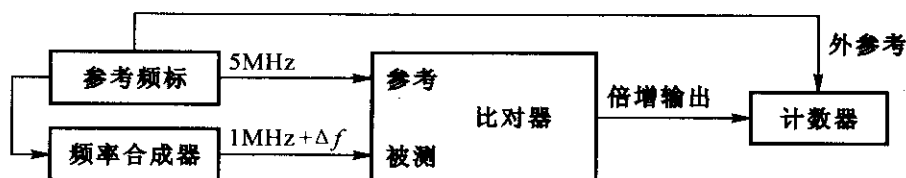


图6 频差倍增次数的检定

参考频率输入 5MHz（或 10MHz），被测频率输入 $1\text{MHz} + \Delta f$ ， Δf 为比对器各倍增级允许的最大频差，频率合成器输出电平足够大。

倍增输出从最低级到最高级依次进行。计数器的闸门时间选为 10s。求出每级倍增输出频率实测值与其标称值（1MHz）的偏差 ΔF ，按式（4）计算该级的频差倍增次数。

$$N = \frac{\Delta F}{\Delta f} \quad (4)$$

在计算时，应考虑到频率合成器频率稳定度的影响，只取稳定的有效位参与运算。

检定结果记录在附录表 A.4。

6.2.7 输出幅度的检定

按图 7 连接仪器。

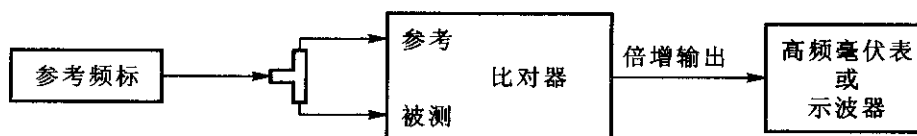


图7 输出幅度检定

参考频标的 5MHz 信号同时加到比对器的参考输入和被测输入端。比对器倍增输出级连接到高频毫伏表（或示波器）的输入端，高频毫伏表（或示波器）选择高阻输入。依次测出每级倍增输出信号的幅度，用有效值表示。

检定结果记录在附录表 A.5。

6.2.8 比对不确定度的检定

比对不确定度检定方法用自相关原理，即同一信号加到参考和被测输入端。输入频率为 1MHz。

取样时间及相应的测量组数见表 2。

表 2 取样时间及测量组数

取样时间 τ	1ms	10ms	100ms	1s	10s	100s
测量组数 m	100	100	100	100	50	30

当被检比对器按倍增次数给出比对不确定度时，则分别选择不同的倍增次数进行检

定, 否则在最高倍增次数上进行。

当被检比对器有多个带宽供选择时, 则按说明书规定的带宽及倍增次数进行检定, 但所选的取样时间应大于带宽倒数的 5 倍。

按图 8 连接仪器。

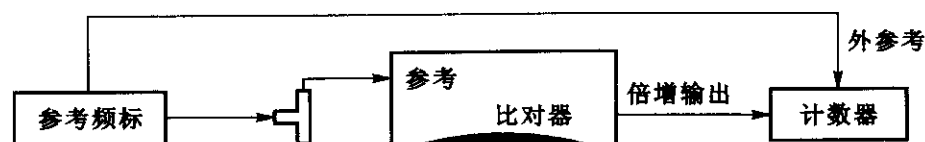


图 8 比对不确定度检定

参考频标的 1MHz 信号同时加到比对器的参考输入和被测输入端。分别选择不同的取样时间和组数, 计数器测量倍增输出频率, 计数器的闸门时间为所设的取样时间。取样间隙不大于 5s。

按式 (5) 计算被检比对器的比对不确定度。

$$\delta_y(\tau) = \frac{1}{Mf_0} \sqrt{\frac{1}{2m} \sum_{i=1}^m [f_i(\tau) - f_0]^2} \quad (5)$$

式中: $f_i(\tau)$ ——计数器测得的平均频率值;

τ ——取样时间 (闸门时间);

m ——测量组数;

f_0 ——参考频标的输出频率 (1MHz);

M ——相对于 f_0 的倍增次数。

检定结果记录在附录表 A.6, 并需在附录表 A.6 中注明。

6.3 检定结果的处理

按本规程检定合格的比对器, 出具检定证书; 检定不合格的, 出具检定结果通知书, 并在通知书的内页格式 (同检定证书内页格式) 中注明不合格项目。

6.4 检定周期

比对器的检定周期为 1 年, 需要时可随时送检。

附录

检定证书和检定结果通知书内页格式

A.1 检定证书内页格式

表 A.1 输入灵敏度的检定

输入端	参考输入			被测输入		
输入频率(MHz)	1	5	10	1	5	10
灵敏度(V)(rms)						

表 A.2 测量带宽的检定

倍增输出级			
测量带宽(Hz)			

表 A.3 最大允许相对频差的检定

测量带宽			
倍增输出级			
最大相对频差			

表 A.4 频差倍增次数的检定

频差倍增次数					
输出频差实测值					

表 A.5 输出幅度的检定

倍增输出级	
输出幅度(V)	

表 A.6 比对不确定度的检定

取样时间(s)								
测量带宽(Hz)								
倍增次数								
比对不确定度								

温度:

湿度:

A.2 检定结果通知书内页格式

内容同 A.1, 并指出不合格项目。