



中华人民共和国国家计量检定规程

JJG 433—2004

比 相 仪

Phase Comparators

2004 - 11 - 09 发布

2005 - 05 - 09 实施

国家质量监督检验检疫总局 发布

比相仪检定规程

**Verification Regulation
of Phase Comparators**

JJG 433—2004

代替 JJG 433—1986

本规程经国家质量监督检验检疫总局于 2004 年 11 月 09 日批准，并自 2005 年 05 月 09 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：航天科工集团二院二〇三所

参加起草单位：中国计量科学研究院

本规程委托全国时间频率计量技术委员会负责解释

本规程主要起草人：

徐月青 （航天科工集团二院二〇三所）

姜东伟 （航天科工集团二院二〇三所）

参加起草人：

赵良弼 （中国计量科学研究院）

目 录

1 范围	(1)
2 概述	(1)
3 计量性能要求	(1)
3.1 频率范围	(1)
3.2 输入灵敏度	(1)
3.3 相位漂移	(1)
3.4 非线性	(1)
3.5 鉴相死区	(1)
4 通用技术要求	(1)
4.1 外观及标志	(1)
4.2 其他要求	(1)
5 计量器具控制	(1)
5.1 检定条件	(1)
5.2 检定项目及检定方法	(2)
5.3 检定结果的处理	(4)
5.4 检定周期	(4)
附录 A 检定证书和检定结果通知书(内页)格式	(5)

比相仪检定规程

1 范围

本规程适用于线性比相仪的首次检定和后续检定及使用中检验。

2 概述

线性比相仪是时频精确测量的专用设备，基本原理是利用鉴相器把标称频率相同的两个输入信号相位差变成电压，再用纸带或数字记录仪记录电压变化情况。通过观测一段时间内相位差的变化量，可导出该段时间的平均频率偏差。线性比相仪（以下简称比相仪）用于测量各种原子频率标准和高稳晶振的频率准确度、频率漂移率及频率长期稳定度。

3 计量性能要求

- 3.1 频率范围：100kHz ~ 10MHz
- 3.2 输入灵敏度：300mV (rms) (输入阻抗 50Ω)
- 3.3 相位漂移（对 5MHz）： $\leq 4\text{ns}$ （观测时间 1 天）
- 3.4 非线性（对 5MHz）： $\leq 4\text{ns}$
- 3.5 鉴相死区（对 5MHz）： $\leq 10\text{ns}$

4 通用技术要求

4.1 外观及标志

比相仪的前或后面板上应有仪器各称制造厂、仪器型号、出厂编号、 标记和电源要求。

4.2 其他要求

- 4.2.1 比相仪的按键、输入端口、控制端口应有明确的标志。
- 4.2.2 比相仪首次检定要带使用说明书，后续检定要带使用说明书及上次检定的检定证书。

5 计量器具控制

包括首次检定、后续检定和使用中检验。

5.1 检定条件

5.1.1 环境条件

- 5.1.1.1 温度：可处在 $10^{\circ}\text{C} \sim 30^{\circ}\text{C}$ 内任一点，但检定期间温度波动不应超过 $\pm 2^{\circ}\text{C}$
- 5.1.1.2 相对湿度： $\leq 80\%$
- 5.1.1.3 交流电源电压： $220(1 \pm 10\%) \text{V}$ ， $(50 \pm 1) \text{Hz}$
- 5.1.1.4 周围无影响仪器正常工作的电磁干扰和机械振动。

5.1.2 检定用设备

5.1.2.1 参考频标

可采用高稳定石英晶体振荡器或原子频率标准。

5.1.2.2 频率合成器

输出频率：应覆盖被检比相仪的测量范围

输出电平：10mV (rms) ~ 1V (rms) (50Ω 负载)

有外接频标功能。

5.1.2.3 相位微跃器或精密移相器

分辨力：1ns

最大允许误差：±0.1ns

5.2 检定项目及检定方法

5.2.1 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	+	+	+
频率范围及输入灵敏度	+	+	-
相位漂移	+	+	+
非线性	+	+	-
鉴相死区	+	+	-
注：“+”为应检项目，“-”为可不检项目。			

5.2.2 外观及工作正常性检查

5.2.2.1 被检比相仪不应有影响正常工作的机械损伤，各功能开关、按键应能正常工作，信号输入插座应牢固，控制端口连接可靠。

5.2.2.2 接通电源，接上符合被检比相仪输入频率和输入电压要求的两个比相信号，比相仪各种功能应正常，零刻度及满刻度调节应能正常调节，各种指示灯及测量显示应清晰可见。

5.2.2.3 控制接口检查

对有外控功能的比相仪按说明书的要求连接好控制电缆，通过控制指令比相仪应能正常工作。

5.2.3 频率范围及输入灵敏度的检定

5.2.3.1 输入灵敏度是指比相仪正常工作所需要的输入信号最小电压值。

5.2.3.2 按图1连接仪器，并按仪器说明书的规定，加电预热。

在被检比相仪工作频率范围内选上限频率如10MHz、下限频率如100kHz及常用频率点如50MHz等，测量频率范围及输入灵敏度。

5.2.3.3 将参考频标输出的信号接至频率合成器Ⅰ和Ⅱ的外频标输入端，调节频率合成器Ⅰ、Ⅱ输出频率至被检比相仪上限频率如10MHz，频率合成器Ⅱ的输出电压调至远

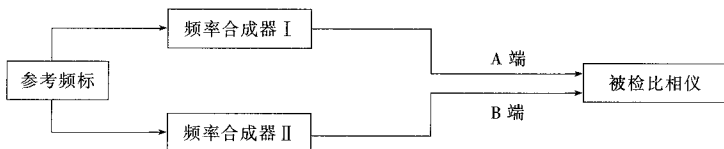


图 1

大于被检比相仪最小输入电压指标值 (如指标值为 0.3V (rms), 输出值调至 0.7V (rms)), 频率合成器 I 的输出电压调至远小于被检比相仪最小输入电压指标值 (如 30mV (rms)), 然后增加频率合成器 I 的输出信号幅度, 直至比相仪正常工作, 记录此时的频率合成器 I 输出频率值及输出幅度值, 即为比相仪 A 输入端该频率点的输入灵敏度。同法测量比相仪 B 输入端的频率范围及输入灵敏度。

5.2.3.4 用同样的方法检定比相仪的下限频率点和中间的频率点及其相应的输入灵敏度。

5.2.4 相位漂移的检定

5.2.4.1 相位漂移是指比相仪自身引入的相位差的缓慢变化。

5.2.4.2 按图 2 连接仪器, 并按仪器说明书的规定加电预热。

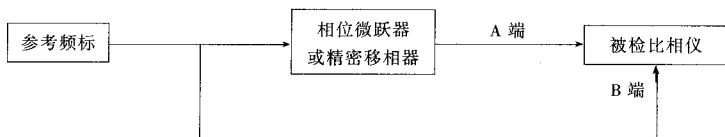


图 2

5.2.4.3 按比相仪说明书分别调节比相仪的零刻度、满刻度, 参考频标输出 5MHz 信号, 调整相位微跃器或移相器使 A 与 B 端两输入信号的相位差为 180°。

5.2.4.4 若被检比相仪显示记录值为 ΔP , 则对应的相位差为 ΔX , ΔP 与 ΔX 的转换按 (1) 式计算。

$$\Delta X = \frac{\Delta P}{M - N} \times T \quad (1)$$

式中: M ——比相仪满刻度值;

N ——比相仪零刻度值;

T ——被检比相仪输入信号的周期, ns。

测量时间 τ (1 天) 内相位差的最大变化量, 即为被检比相仪的相位漂移。

5.2.5 鉴相死区与非线性的检定

5.2.5.1 鉴相死区是指当被检比相仪输入正常工作信号时, 比相仪零刻度、满刻度附近无法正常工作的区域。

比相仪的鉴相特性理论上为一直线，实测结果相对于理论直线的偏离程度称为比相仪的非线性。

在比相仪常用输入频率点 5MHz 检定鉴相死区与非线性。

5.2.5.2 按图 2 连接仪器，并按仪器说明书的规定加电预热。

5.2.5.3 按比相仪说明书分别调节比相仪的零刻度、满刻度值。从被检比相仪指示（记录）为零开始，逐次改变相位微跃器输出信号的相位 ΔT ，单位为 ns。

(1) 以 2ns 的步进量增加 ΔT ，到比相仪出现正常反应止，若共步进了 n 次，则此时两输入信号的相位差

$$\Delta T_a = n \times 2\text{ns} \quad (2)$$

比相仪测出的相位差为 ΔX_a ，测量误差为

$$\delta_a = \Delta X_a - \Delta T_a \quad (3)$$

(2) 继续调整相位微跃器的输出相位，步进量改为 10ns，共步进 16 次，记下每次步进后两输入信号总的相位差 ΔT_i 及比相仪测出的总相位差 ΔX_i ，并计算测量误差 δ_i ，

$$\Delta T_i = \Delta T_a + i \times 10\text{ns} \quad i = 1, 2, \dots, 16 \quad (4)$$

$$\delta_i = \Delta X_i - \Delta T_i \quad (5)$$

(3) 改步进量为 2ns，到比相仪的指示不随之正常变化（或到满度）为止，若步进了 m 次，记下前一次两输入信号总的相位差 ΔT_b 及比相仪测出的总相位差 ΔX_b ，并计算测量误差 δ_b ，

$$\Delta T_b = \Delta T_a + 160\text{ns} + (m - 1) \times 2\text{ns} \quad (6)$$

若两输入信号的相位差变到 200ns 时，比相仪仍正常工作，则取 $\Delta T_b = 200\text{ns}$ 。

$$\delta_b = \Delta X_b - \Delta T_b \quad (7)$$

同时算出

$$\Delta T_c = 200\text{ns} - \Delta T_b \quad (8)$$

$$\Delta T_d = \Delta T_a - 2\text{ns} + \Delta T_c \quad (9)$$

ΔT_d 为比相仪的鉴相死区。

按下式计算非线性：

$$r = \sqrt{\frac{\delta_a^2 + \sum_{i=1}^{16} \delta_i^2 + \delta_b^2}{18}} \quad (10)$$

5.3 检定结果的处理

按本规程要求检定合格的比相仪，出具检定证书；检定不合格的，出具检定结果通知书，并注明不合格项目。

5.4 检定周期

比相仪的检定周期一般不超过 1 年。

附录 A

检定证书和检定结果通知书（内页）格式

A1 检定证书（内页）格式

1. 频率范围及输入灵敏度（50Ω 负载，有效值）

测量通道	输入频率	灵敏度
通道 A		
通道 B		

2. 相位漂移

3. 鉴相死区

4. 非线性

温度：℃

相对湿度：%

A2 检定结果通知书（内页）格式

内容同附录 A1，注明不合格项目。