



中华人民共和国国家计量检定规程

JJG 292—2009

铷原子频率标准

Rubidium Atomic Frequency Standards

2009-07-10 发布

2010-01-10 实施

国家质量监督检验检疫总局 发布

铷原子频率标准检定规程

Verification Regulation of
Rubidium Atomic Frequency Standards

JJG 292—2009
代替 JJG 292—1996

本规程经国家质量监督检验检疫总局 2009 年 7 月 10 日批准，并自 2010 年 1 月 10 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

中科院武汉物理数学研究所

四川天奥星华时频技术有限公司

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：

马秀兰（中国计量科学研究院）

盛荣武（中科院武汉物理数学研究所）

杨 林（四川天奥星华时频技术有限公司）

目 录

1 范围	(1)
2 术语	(1)
2.1 开机特性	(1)
2.2 频率复现性	(1)
3 概述	(1)
4 计量性能要求	(1)
4.1 输出信号	(1)
4.2 谐波与非谐波	(2)
4.3 开机特性	(2)
4.4 频率稳定度	(2)
4.5 相位噪声	(2)
4.6 日频率漂移率	(3)
4.7 频率复现性	(3)
4.8 频率准确度	(3)
4.9 频率调整范围	(3)
5 通用技术要求	(3)
5.1 外观	(3)
5.2 其他要求	(3)
6 计量器具控制	(3)
6.1 检定条件	(3)
6.2 检定项目及检定方法	(4)
6.3 检定结果的处理	(12)
6.4 检定周期	(12)
附录 A 检定证书(内页)格式	(13)
附录 B 检定结果通知书(内页)格式	(16)

铷原子频率标准检定规程

1 范围

本规程适用于铷原子频率标准（以下简称铷频标，包括 GNSS 控制的铷原子频率标准）的首次检定、后续检定和使用中检验。

注：GNSS 为 Global Navigation Satellite System 的缩写，即全球导航卫星系统。

2 术语

2.1 开机特性 (Warm-up)

铷频标开机锁定后，锁定一段时间 T （见产品说明书规定值）、锁定 1 小时、2 小时、4 小时的频率准确度，以及达到给定的频率准确度时所需的时间。

2.2 频率复现性 (frequency repeatability)

铷频标开机一段时间 T_1 后关机，关机一段时间 T_2 后，再开机一段时间 T_3 后的相对平均频率偏差与关机时的相对平均频率偏差的一致程度。 T_1 、 T_3 为铷频标技术说明书规定的预热时间， T_2 一般为 24 小时。

3 概述

铷频标是一种被动型原子频标，铷频标内晶振的振荡频率通过频率合成技术产生一个微波激励信号，铷同位素⁸⁷Rb 的原子在激励信号的感应下发生跃迁，原子跃迁对微波信号起鉴频作用而产生误差信号，通过锁频环路伺服晶振的频率，使激励信号频率锁定到原子跃迁频率，实现晶振输出频率的高度稳定和准确。基本原理如图 1 所示。

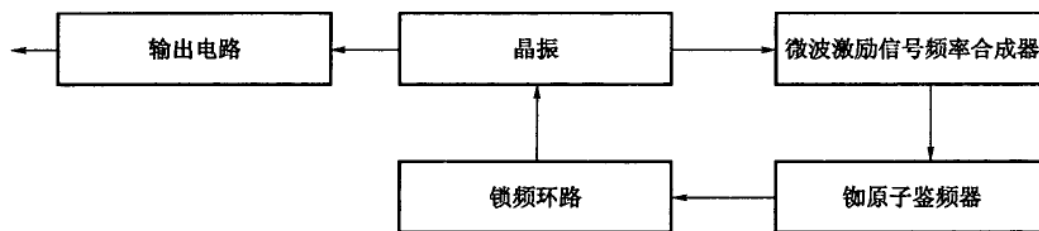


图 1 铷原子频率标准工作原理

GNSS 控制的铷频标是利用全球导航卫星系统信号不断调整铷频标的输出频率，使其具有更高的频率准确度。

铷频标广泛应用于无线电导航与定位、数字通讯工程、时间频率测量等领域。

4 计量性能要求

4.1 输出信号

4.1.1 频率信号

频率：1MHz，5MHz，10MHz。

幅度： $\geq 0.5\text{V}$ （有效值， 50Ω 负载）。

波形：正弦波。

4.1.2 秒脉冲信号

脉冲幅度： $\geq 2\text{V}$ （峰-峰值， 50Ω 负载）。

脉冲宽度： $20\mu\text{s} \sim 200\text{ms}$ 。

脉冲上升时间： $\leq 5\text{ns}$ 。

4.2 谐波与非谐波

谐波： $\leq -40\text{dBc}$ 。

非谐波： $\leq -80\text{dBc}$ 。

4.3 开机特性

$5 \times 10^{-10} \sim 5 \times 10^{-11}$

4.4 频率稳定度

频率稳定度要求见表 1。

表 1 频率稳定度要求

取样时间	频率稳定度
1s	$5 \times 10^{-11} \sim 2 \times 10^{-12}$
10s	$2 \times 10^{-11} \sim 8 \times 10^{-13}$
100s	$5 \times 10^{-12} \sim 2 \times 10^{-13}$
1000s	$2 \times 10^{-12} \sim 8 \times 10^{-14}$
10000s	$2 \times 10^{-12} \sim 2 \times 10^{-14}$
1d	$5 \times 10^{-12} \sim 2 \times 10^{-14}$

4.5 相位噪声

相位噪声要求见表 2。

f 表示傅立叶分析频率， $\mathcal{L}(f)$ 表示相位噪声。

表 2 相位噪声要求

f/Hz	$\mathcal{L}(f)/(\text{dBc}/\text{Hz})$
10^0	$-70 \sim -110$
10^1	$-90 \sim -140$
10^2	$-110 \sim -150$
10^3	$-125 \sim -160$
10^4	$-130 \sim -165$
10^5	$-130 \sim -165$

4.6 日频率漂移率

$$1 \times 10^{-11} \sim 1 \times 10^{-13}$$

4.7 频率复现性

$$5 \times 10^{-11} \sim 2 \times 10^{-12}$$

4.8 频率准确度

$$2 \times 10^{-10} \sim 5 \times 10^{-11}$$

$$\leq 1 \times 10^{-12} \quad \tau = 1\text{d (GNSS 控制时的铷频标)}$$

4.9 频率调整范围

$$\pm 2 \times 10^{-9}$$

5 通用技术要求

5.1 外观

5.1.1 铷频标的前面板或后面板上应有仪器名称、型号、制造厂、出厂序号和电源要求。

5.1.2 铷频标的电源开关、输入输出端口、功能设置开关和旋钮应有明确的识别标志。

5.1.3 铷频标不应有影响正常工作的机械损伤。电源开关、功能设置开关和旋钮应灵活、可靠，输入输出端口牢固。

5.2 其他要求

铷频标首次检定要携带使用说明书；后续检定要携带前次的检定证书。

6 计量器具控制

6.1 检定条件

6.1.1 检定用设备

6.1.1.1 频率稳定度参考频标

频率稳定度应优于被检铷频标的频率稳定度的 3 倍。

6.1.1.2 频率漂移率和频率准确度参考频标

频率漂移率和频率准确度应优于被检铷频标的漂移率和频率准确度一个数量级。

6.1.1.3 相位噪声参考频标

相位噪声应比被检铷频标相位噪声小 10dB，输出频率可调，并具有外部电压调谐能力（简称电调）。

6.1.1.4 示波器

上升时间小于被检脉冲上升时间的 1/3。

6.1.1.5 频谱分析仪

频率范围：500kHz~100MHz。

动态范围： $\geq 100\text{dB}$ 。

6.1.1.6 频标比对器

输入频率：1MHz，5MHz，10MHz。

频标比对器引入的测量不确定度应优于被检铷频标频率稳定度的 3 倍。

6.1.1.7 频差倍增器

外接计数器，用于测量两频率信号的频率差。

输入频率：1MHz，5MHz，10MHz。

频差倍增器引入的测量不确定度应优于被检铷频标频率稳定度的3倍。

6.1.1.8 比相仪

输入频率：1MHz，5MHz，10MHz。

分辨力：优于2ns（5MHz）。

6.1.1.9 分频器

输入频率：5MHz，10MHz。

输出信号：1PPS。

相位抖动：小于1ns。

6.1.1.10 通用计数器

测量范围：10Hz~100MHz，有外接频标功能。

时间间隔最大允许误差： $\pm 1\text{ns}$ 。

6.1.1.11 相位噪声测量系统

输入频率：1MHz，5MHz，10MHz。

分析频率范围：1Hz~100kHz。

相位噪声本底：比被检铷频标相位噪声小10dB。

6.1.2 检定环境条件

6.1.2.1 环境温度：可处于18℃~25℃范围内任一点，检定过程中温度最大允许变化范围 $\pm 1^\circ\text{C}$ 。

6.1.2.2 环境相对湿度： $\leq 80\%$ 。

6.1.2.3 供电电源：220（ $1\pm 10\%$ ）V，50（ $1\pm 2\%$ ）Hz。

6.1.2.4 周围无影响检定正常工作的电磁干扰和机械振动。

6.2 检定项目及检定方法

6.2.1 检定项目

检定项目见表3。

表3 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	+	+	+
输出信号	+	+	—
谐波与非谐波	+	—	—
开机特性	+	+	—
频率稳定度	+	+	—
相位噪声	+	+	—
日频率漂移率	+	+	—

表 3 (续)

项目名称	首次检定	后续检定	使用中检验
频率复现性	+	+	—
频率调整范围	+	—	—
频率准确度	+	+	+

注：“+”为应检项目，“—”为可不检项目。

注：检定时的检定项目可按被检铷频标技术说明书给出的技术指标进行检定。

6.2.2 检定方法

6.2.2.1 外观及工作正常性检查

(1) 外观检查

应满足 5.1 的要求。

(2) 工作正常性检查

通电后，各输出端应有相应的信号输出，达到说明书规定的锁定时间后，铷频标应正常锁定，各状态指示正常。

6.2.2.2 输出信号

(1) 频率信号

仪器连接如图 2 所示。

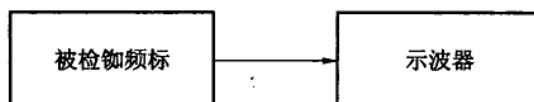


图 2 输出信号的检定

将被检铷频标的 1MHz、5MHz、10MHz 频率信号分别连接到示波器，选示波器的阻抗为 50Ω，示波器应显示稳定的正弦波形。从示波器上读取输入信号的幅度有效值。

(2) 秒脉冲信号

仪器连接如图 2 所示。

将被检铷频标的 1PPS 秒脉冲信号连接到示波器，选示波器的阻抗为 50Ω，调节示波器触发电平和扫描时间，使示波器上显示稳定的脉冲波形。从示波器上读取输入秒脉冲信号的幅度峰-峰值。

再调节示波器的扫描时间，测量秒脉冲信号幅度从 10% 上升到 90% 的时间即为秒脉冲信号的上升时间。

6.2.2.3 谐波与非谐波的检定

仪器连接如图 3 所示。



图 3 谐波与非谐波的检定

(1) 谐波

设置频谱分析仪的分辨带宽 (RBW)、视频带宽 (VBW) 为 1kHz, 设置频谱分析仪的起始频率和终止频率, 用频谱分析仪分别测量基波电平 P_0 和 2 次、3 次谐波电平 P_n 。

按式 (1) 计算谐波。

$$H_n = P_n - P_0 \quad (1)$$

式中: H_n ——谐波, dBc;

P_n ——谐波电平, dBm;

P_0 ——基波电平, dBm。

(2) 非谐波

设置频谱分析仪的分辨带宽 (RBW)、视频带宽 (VBW) 为 1kHz, 设置频谱分析仪的起始频率和终止频率, 用频谱分析仪分别测量基波电平 P_0 、偏离载频 10kHz 以外规定频偏范围内最大的非谐波电平 P_N 。

按式 (2) 计算非谐波。

$$H_N = P_N - P_0 \quad (2)$$

式中: H_N ——非谐波, dBc;

P_N ——非谐波电平最大值, dBm。

6.2.2.4 开机特性的检定

分别在铷频标锁定一段时间 T 、1 小时、2 小时、4 小时测量其输出频率的频率准确度, 或给出达到铷频标给定的频率准确度所经历的时间。

(1) 频差倍增测频法

仪器连接如图 4 所示。

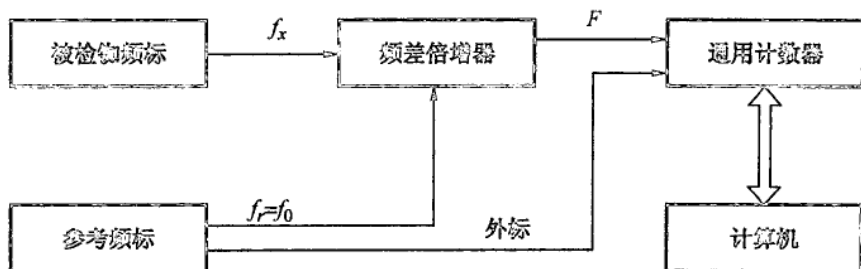


图 4 频差倍增测频法

被检铷频标和参考频标的输出分别连接到频差倍增器相应的输入端, 参考频标连接到通用计数器外标输入端。计数器测量频差倍增器的输出频率 F , 计数器闸门时间 τ 取 100s, 连续测量 3 次, 取算术平均值按式 (3) 计算相对平均频率偏差。

$$y(\tau) = \frac{f_x - f_0}{f_0} = \frac{\bar{F} - F_0}{Mf_0} = a \times 10^{-n} \quad (3)$$

式中: \bar{F} ——计数器测得 3 次 F 的平均值, Hz;

F_0 ——计数器所测频率的标称值, Hz;

M ——频差倍增器的等效倍增次数;

f_0 ——被检铷频标频率的标称值, Hz;

$y(\tau)$ ——相对平均频率偏差;

a ——取一位整数带一位小数。

将式 (3) 计算出的值按式 (4) 取绝对值并取整加上 1 作为频率准确度。

$$A = ([|a|] + 1) \times 10^{-n} \quad (4)$$

例如: 若 $y(\tau) = 3.5 \times 10^{-11}$ 或 $y(\tau) = -3.2 \times 10^{-11}$, 则按式 (4) 计算频率准确度为 4×10^{-11} 。

(2) 时差法

仪器连接如图 5 所示。

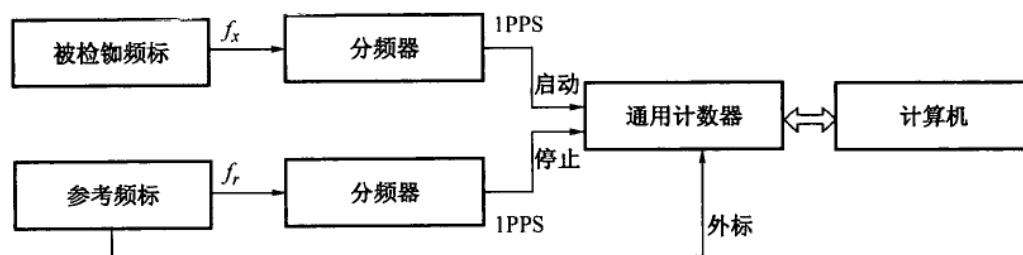


图 5 时差法

计数器测量两输入秒脉冲 (1PPS) 的时差, 被检铷频标的 1PPS 作为启动信号, 参考频标的 1PPS 作为停止信号, 连续测量两次, 两次的间隔 $\tau = 300\text{s}$, 测得的时差值分别为 X_1 和 X_2 , 按式 (5) 计算相对平均频率偏差。

$$y(\tau) = \frac{X_2 - X_1}{300} \quad (5)$$

式中: X_1 、 X_2 ——两次测得的时差值, s。

将式 (5) 计算出的 $y(\tau)$ 值按式 (4) 给出频率准确度。

6.2.2.5 日频率漂移率的检定

按被检铷频标技术说明书的要求预热后进行日频率漂移率的检定。

用最小二乘法对测量数据进行线性拟合计算其斜率。

(1) 比相法

仪器连接如图 6 所示。

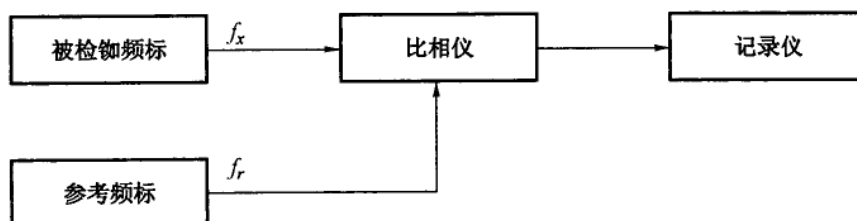


图 6 比相法

用记录仪记录两比对信号之间相位差。连续测量 15 天, 可得 16 个相位差 X_i 值, 相邻两个 X_i 的时间间隔为 $\tau = 1\text{d}$, 按式 (6) 计算日频率漂移率 K 。

$$K = \frac{\sum_{i=1}^{15} (\Delta X_i - \overline{\Delta X})(t_i - \bar{t})}{\tau \sum_{i=1}^{15} (t_i - \bar{t})^2} \quad (6)$$

式中: ΔX_i ——相邻两天相位差的变化量, s;

$i=1, 2, \dots, 15$;

$$\overline{\Delta X} = \frac{X_{16} - X_1}{15};$$

t_i —— ΔX_i 值的测量时序, $t_i=1, 2, \dots, 15$;

$$\bar{t} = \frac{1}{15} \sum_{i=1}^{15} t_i;$$

$$\tau = 1\text{d} = 86400\text{s}.$$

按式 (7) 计算相关系数 r

$$r = \frac{\sum_{i=1}^{15} (\Delta X_i - \overline{\Delta X})(t_i - \bar{t})}{\sqrt{\sum_{i=1}^{15} (\Delta X_i - \overline{\Delta X})^2 \sum_{i=1}^{15} (t_i - \bar{t})^2}} \quad (7)$$

(2) 时差法

仪器连接如图 5 所示。连续测量 15 天, 可得 16 个相位差 X_i 值, 相邻两个 X_i 的时间间隔为 $\tau=1\text{d}$, 按式 (6)、(7) 计算日频率漂移率 K 和相关系数 r 。

(3) 用频标比对器测量

仪器连接如图 7 所示。

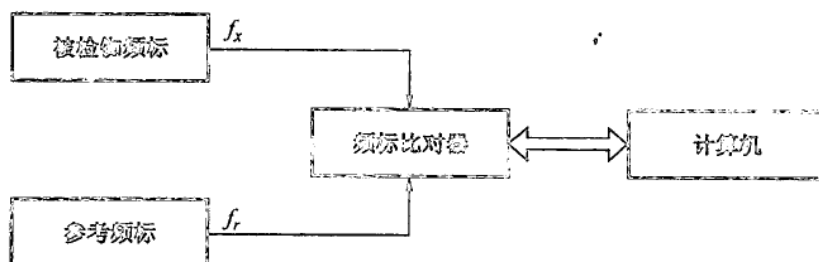


图 7 用频标比对器测量

连续测量 15 天, 将频标比对器测量中存储的原始数据按式 (6)、(7) 或式 (8)、(9) 计算出日频率漂移率 K 和相关系数 r 。当频标比对器测量中存储的原始数据为时差数据时, 按式 (6)、(7) 计算日频率漂移率 K 和相关系数 r 。当频标比对器测量中存储的原始数据为相对平均频率偏差时, 按式 (8)、(9) 计算日频率漂移率 K 和相关系数 r 。

$$K = \frac{\sum_{i=1}^{15} [y_i(\tau) - \overline{y(\tau)}](t_i - \bar{t})}{\sum_{i=1}^{15} (t_i - \bar{t})^2} \quad (8)$$

式中: $\overline{y(\tau)} = \frac{1}{15} \sum_{i=1}^{15} y_i(\tau)$

$$r = \frac{\sum_{i=1}^{15} [y_i(\tau) - \overline{y(\tau)}](t_i - \bar{t})}{\sqrt{\sum_{i=1}^{15} [y_i(\tau) - \overline{y(\tau)}]^2 \sum_{i=1}^{15} (t_i - \bar{t})^2}} \quad (9)$$

如果相关系数 $|r| \geq 0.6$, 表明被检铷频标输出频率随时间具有明显的单方向性, 则给出日频率漂移率, 附频率变化曲线及日漂移拟合直线, 并在检定结果中给出预热时间和相关系数; 如果相关系数 $|r| < 0.6$, 表明被检铷频标输出频率随时间不具有明显的单方向性, 则不给日频率漂移率值, 只给频率变化曲线。

6.2.2.6 频率稳定度的检定

按被检铷频标技术说明书的要求预热后进行频率稳定度的检定, 测量频率稳定度的取样时间与相应的取样组数见表 4。

表 4 取样时间与取样组数

取样时间 τ	取样组数 m
1s	≥ 100
10s	≥ 50
100s	≥ 30
1000s	≥ 15
10000s	≥ 15
1d	≥ 15

注: 实际检定时, 取样时间按技术说明书规定选取。

(1) 用频标比对器测量

仪器连接如图 7 所示。

频标比对器自动给出 1s、10s、100s、1000s 频率稳定度的测量结果。

当取样时间 τ 为 10000s 或 1d 时, 若技术说明书给出的稳定度按哈德玛方差进行评定, 则按式 (10)、(11) 进行稳定度计算。当频标比对器测量中存储的原始数据为时差数据时, 将原始数据按式 (10) 计算 10000s 和 1d 的频率稳定度。

$$\sigma_H(\tau) = \sqrt{\frac{1}{6\tau^2(n-3)} \sum_{i=1}^{n-3} [x_{i+3}(\tau) - 3x_{i+2}(\tau) + 3x_{i+1}(\tau) - x_i(\tau)]^2} \quad (10)$$

式中:

τ ——10000s、86400s;

$x_i(\tau), x_{i+1}(\tau), x_{i+2}(\tau), x_{i+3}(\tau)$ ——第 i 、第 $i+1$ 、第 $i+2$ 和第 $i+3$ 次测得的时差值, s;

n ——测得时差值的个数。

当频标比对器测量中存储的原始数据为相对平均频率偏差时, 将原始数据按式

(11) 计算 10000s 和 1d 的频率稳定度。

$$\sigma_H(\tau) = \sqrt{\frac{1}{6(N-2)} \sum_{i=1}^{N-2} [y_{i+2}(\tau) - 2y_{i+1}(\tau) + y_i(\tau)]^2} \quad (11)$$

式中: N ——测得相对平均频率偏差的个数;

$y_i(\tau), y_{i+1}(\tau), y_{i+2}(\tau)$ ——第 i 、第 $i+1$ 和第 $i+2$ 次测得的相对平均频率偏差值。

当取样时间为 10000s 或 1d 时,若技术说明书给出的稳定度按阿仑方差进行评定,则按式 (12)、(13) 进行稳定度计算;当频标比对器测量中存储的原始数据为时差数据时,将原始数据按式 (12) 计算 10000s 和 1d 的频率稳定度。

$$\sigma_A(\tau) = \sqrt{\frac{1}{2\tau^2(n-2)} \sum_{i=1}^{n-2} [x_{i+2}(\tau) - 2x_{i+1}(\tau) + x_i(\tau) - K]^2} \quad (12)$$

式中: τ ——10000s、86400s;

$x_i(\tau), x_{i+1}(\tau), x_{i+2}(\tau)$ ——第 i 、第 $i+1$ 和第 $i+2$ 次测得的时差值, s;

n ——测得时差值的个数;

K ——按式 (6) 计算的日频率漂移率。

当频标比对器测量中存储的原始数据为相对平均频率偏差时,将原始数据按式 (13) 计算 10000s 和 1d 的频率稳定度。

$$\sigma_A(\tau) = \sqrt{\frac{1}{2(N-1)} \sum_{i=1}^{N-1} [y_{i+1}(\tau) - y_i(\tau) - K]^2} \quad (13)$$

式中: K ——按式 (8) 计算的日频率漂移率。

(2) 用频差倍增器测量

仪器连接如图 4 所示。利用通用计数器测量的数据按式 (14) 计算 1s、10s、100s、1000s 频率稳定度。

$$\sigma_y(\tau) = \frac{1}{Mf_0} \sqrt{\frac{1}{2m} \sum_{i=1}^m [F_{i+1}(\tau) - F_i(\tau)]^2} \quad (14)$$

式中: $\sigma_y(\tau)$ ——阿仑标准偏差表示的频率稳定度;

$F_i(\tau), F_{i+1}(\tau)$ ——分别为第 i 和第 $i+1$ 次测得的频率值, Hz;

m ——取样组数。

(3) 时差法

仪器连接如图 5 所示。测量两输入秒脉冲 (1PPS) 的时差,两次测量的时间间隔 τ 为 10000s 或 1d,若技术说明书给出的稳定度按哈德玛方差进行评定,则按式 (10) 计算 10000s 和 1d 的频率稳定度,否则,按式 (12) 进行计算。

(4) 比相法

仪器连接如图 6 所示。将被检铷频标和参考频标的输出信号分别连接到比相仪相应输入端,用记录仪记录两比对信号之间相位差。连续测量两信号的相位差 X_1 值,相邻两个 X_1 的时间间隔 τ 为 10000s 或 1d,若技术说明书给出的稳定度按哈德玛方差进行评定,则按式 (10) 计算 10000s 和 1d 的频率稳定度,否则,按式 (12) 进行计算。

6.2.2.7 相位噪声的检定

按被检铷频标技术说明书的要求预热后进行相位噪声的检定。

仪器连接如图 8 所示。

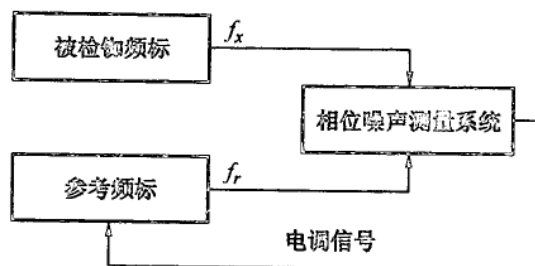


图 8 相位噪声的检定

被检铷频标的输出端与参考频标的输出端分别接至相位噪声测量系统的相应信号输入端。相位噪声测量系统输出的电调信号接至参考频标电调信号输入端，使输入到测试系统的两信号相位正交，傅立叶分析频率选 1Hz、10Hz、100Hz、1kHz、10kHz、100kHz。在每一个傅立叶分析频率处至少测量 4 次，取其算术平均值作为该频率点的单边带相位噪声的测试数据，并给出测试曲线。

6.2.2.8 频率复现性的检定

仪器连接如图 4 所示。按 6.2.2.4 的方法测量铷频标开机工作一段时间 T_1 后关机前的相对平均频率偏差值，记为 $y_1(\tau)$ ，关机一段时间 T_2 后再开机，测量开机一段时间 T_3 后的相对平均频率偏差值，记为 $y_2(\tau)$ ，按式 (15) 计算频率复现性 R 。

$$R = |y_2(\tau) - y_1(\tau)| \quad (15)$$

6.2.2.9 频率调整范围的检定

仪器连接如图 4 所示。设置计数器闸门时间 $\tau=100\text{s}$ ，向低调整铷频标的输出频率，测量其相对平均频率偏差，记为 $y(\tau)_{\min}$ ；向高调整铷频标的输出频率，测量其相对平均频率偏差，记为 $y(\tau)_{\max}$ ，其值应符合铷频标技术说明书的要求。再调整铷频标的输出频率，使调整后的相对平均频率偏差满足式 (16)。

$$|y(\tau)| < A_0 \quad (16)$$

式中： A_0 ——铷频标说明书给定的频率准确度。

6.2.2.10 频率准确度的检定

(1) 具有频率调整功能的铷频标

测量铷频标频率调整前的频率准确度。当测得的相对平均频率偏差满足式 (16) 时，则频率准确度检定结果为 A 。若测得的相对平均频率偏差不满足式 (16)，则按 6.2.2.9 的最后一步操作，频率准确度检定结果为 A 。

(2) 不具有频率调整功能的铷频标

仪器连接如图 4 所示。

设置计数器闸门时间 $\tau=100\text{s}$ ，测量铷频标输出的相对平均频率偏差 $y(\tau)$ ，若满足式 (16)，则频率准确度检定结果为 A ；若不满足式 (16)，将 $y(\tau)$ 按式 (4) 给出频率准确度。

6.2.3 GNSS 控制下铷频标的检定

6.2.3.1 频率稳定度的检定

按 6.2.2.6 的方法进行。

6.2.3.2 锁定状态下频率准确度的检定

将 GNSS 天线连接到被检铷频标 GNSS 天线输入端，待铷频标正常锁定 GNSS 信号后，用比相法或时差法，连续测量 7 天，给出每天的相对平均频率偏差 $y_i(\tau)$ ，取所测相对平均频率偏差的最大值，按式 (17) 给出频率准确度。

$$A_L = |y_i(\tau)|_{\max} \quad (17)$$

6.2.3.3 保持状态下频率准确度的检定

被检铷频标锁定 GNSS 信号状态 24 小时后，去掉 GNSS 天线，按比相法或时差法测量 1 天，得到 1 个相对平均频率偏差数据，按式 (18) 给出频率准确度。

$$A_S = |y(\tau)| \quad (18)$$

6.3 检定结果的处理

按本规程要求检定合格的铷频标，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。

6.4 检定周期

铷频标的检定周期一般不超过 1 年。

附录 A

检定证书（内页）格式

A.1 铷原子频率标准

1 输出信号

1.1 频率信号

频率/MHz	幅度（有效值）
1	
5	
10	

1.2 秒脉冲信号

幅度（峰-峰值）	
脉冲宽度	
脉冲上升时间	

2 谐波与非谐波的检定

频率/MHz	二次谐波	三次谐波	非谐波
5			
10			

3 开机特性的检定

3.1 锁定相对平均频率偏差

锁定时	锁定 1 小时	锁定 2 小时	锁定 4 小时

3.2 达到给定频率准确度时间 t : _____

4 频率稳定度的检定

取样时间 τ	频率稳定度
1s	
10s	
100s	
1000s	
10000s	
1d	

5 相位噪声的检定

f/Hz	$\mathcal{L}(f)/(\text{dBc}/\text{Hz})$
10^0	
10^1	
10^2	
10^3	
10^4	
10^5	

6 日频率漂移率的检定

预热时间	日频率漂移率	相关系数

7 频率复现性的检定

$y_1(\tau)$	$y_2(\tau)$	R

8 频率调整范围的检定

$y(\tau)_{\min}$	$y(\tau)_{\max}$

9 频率准确度的检定

调整前频率准确度：_____

调整后频率准确度：_____

A.2 GNSS 控制下的铷原子频率标准

1 频率稳定度

取样时间 τ	频率稳定度
1s	
10s	
100s	
1000s	
10000s	
1d	

2 频率准确度

频率准确度 A	
锁定状态下 A_L	保持状态下 A_S

附录 B

检定结果通知书（内页）格式

B.1 铷原子频率标准

1 输出信号

1.1 频率信号

频率/MHz	幅度（有效值）
1	
5	
10	

1.2 秒脉冲信号

幅度（峰-峰值）	
脉冲宽度	
脉冲上升时间	

2 谐波与非谐波的检定

频率/MHz	二次谐波	三次谐波	非谐波
5			
10			

3 开机特性的检定

3.1 锁定相对平均频率偏差

锁定时	锁定 1 小时	锁定 2 小时	锁定 4 小时

3.2 达到给定频率准确度时间 t : _____

4 频率稳定度的检定

取样时间 τ	频率稳定度
1s	
10s	
100s	
1000s	
10000s	
1d	

5 相位噪声的检定

f/Hz	$\mathcal{L}(f)/(\text{dBc}/\text{Hz})$
10^0	
10^1	
10^2	
10^3	
10^4	
10^5	

6 日频率漂移率的检定

预热时间	日频率漂移率	相关系数

7 频率复现性的检定

$y_1(\tau)$	$y_2(\tau)$	R

8 频率调整范围的检定

$y(\tau)_{\min}$	$y(\tau)_{\max}$

9 频率准确度的检定

调整前频率准确度: _____

调整后频率准确度: _____

不合格项目:

B.2 GNSS 控制下的铷原子频率标准

1 频率稳定度

取样时间 τ	频率稳定度
1s	
10s	
100s	
1000s	
10000s	
1d	

2 频率准确度

频率准确度 A	
锁定状态下 A_L	保持状态下 A_S

不合格项目：

中华人民共和国
国家计量检定规程

铷原子频率标准

JJG 292—2009

国家质量监督检验检疫总局发布

*

中国计量出版社出版

北京和平里西街甲2号

邮政编码 100013

电话(010)64275360

<http://www.zgjl.com.cn>

北京市迪鑫印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

版权所有 不得翻印

*

880 mm×1230 mm 16开本 印张1.5 字数26千字

2009年10月第1版 2009年10月第1次印刷

印数1—2 000

统一书号155026—2432 定价:28.00元