



中华人民共和国国家计量检定规程

JJG 180—2002

电子测量仪器内石英晶体振荡器

Crystal Oscillator inside the Electrical Measurement Instrument

2002 - 11 - 04 发布

2003 - 05 - 04 实施

国家质量监督检验检疫总局 发布

电子测量仪器内石英晶体 振荡器检定规程

**Verification Regulation of Crystal Oscillator
inside the Electrical Measurement Instrument**

JJG 180—2002
代替 JJG 180—1978

本规程经国家质量监督检验检疫总局于 2002 年 11 月 04 日批准，并自 2003 年 05 月 04 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：中国计量科学研究院

参加起草单位：江苏省计量测试技术研究所

四川星华时频技术有限责任公司

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：

张爱敏 （中国计量科学研究院）

参加起草人：

李黎明 （中国计量科学研究院）

仇 丰 （江苏省计量测试技术研究所）

杨 林 （四川星华时频技术有限责任公司）

目 录

1 范围	(1)
2 概述	(1)
3 计量性能要求	(1)
3.1 开机特性	(1)
3.2 日频率波动	(1)
3.3 日老化率	(1)
3.4 1秒频率稳定度	(1)
3.5 频率复现性	(1)
3.6 频率准确度	(1)
4 通用技术要求	(1)
5 计量器具控制	(1)
5.1 检定条件	(1)
5.2 检定项目和检定方法	(2)
5.3 检定结果的处理	(7)
5.4 检定周期	(7)
附录 A 有晶振频率输出的电子测量仪器内晶振的检定证书内页格式	(8)
附录 B 无晶振频率输出的电子测量仪器内晶振的检定证书内页格式	(9)

电子测量仪器内石英晶体振荡器检定规程

1 范围

本规程适用于电子测量仪器内石英晶体振荡器的首次检定、后续检定和使用中的检验。

2 概述

石英晶体振荡器（以下简称晶振）是利用石英晶体的压电效应制成。晶振按类型分为普通晶振、温补晶振和恒温晶振。普通晶振由石英谐振器、振荡电路、自动增益控制电路、放大电路以及电源电路组成；温补晶振还具有温度补偿电路；恒温晶振具有单层或双层恒温箱及温控电路。不同类型的晶振，其技术指标有很大差别。晶振广泛用于电子测量仪器（如频率合成器、时间间隔发生器、电子计数器、时间间隔测量仪等）中作为内部的时间频率标准，内部晶振的技术指标，特别是频率准确度直接影响这些电子测量仪器的计量性能。

3 计量性能要求

- 3.1 开机特性： $10^{-6} \sim 10^{-11}$
- 3.2 日频率波动： $10^{-6} \sim 10^{-11}$
- 3.3 日老化率： $10^{-6} \sim 10^{-11}$
- 3.4 1秒频率稳定度： $10^{-8} \sim 10^{-12}$
- 3.5 频率复现性： $10^{-6} \sim 10^{-11}$
- 3.6 频率准确度： $10^{-5} \sim 10^{-10}$

4 通用技术要求

装有被检晶振的电子测量仪器的前面板或后面板上应具有下列标志：制造厂、仪器型号、仪器出厂序号和标志。仪器送检时要带有使用说明书和前次检定的检定证书。

5 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。

5.1 检定条件

5.1.1 计量标准

参考频标

输出频率为1MHz、5MHz、10MHz。频率稳定度应优于被检晶振频率稳定度的3倍，其它技术指标如日老化率、开机特性、频率准确度等应优于被检晶振一个数量级。

5.1.2 配套设备

5.1.2.1 (通用) 电子计数器

测量范围 10Hz ~ 100MHz, 有外接频标功能。

5.1.2.2 频差倍增器

引入的频率稳定度应优于被检晶振的频率稳定度的 3 倍。

5.1.2.3 频率合成器

频率范围 1MHz ~ 100MHz, 有外接频标功能。

5.1.2.4 时间间隔发生器

时间间隔范围 1s ~ 100s, 有外接频标功能。

5.1.2.5 时间间隔计数器

测量范围 1s ~ 100s, 有外接频标功能。

5.1.3 环境条件

5.1.3.1 环境温度: 在 (15 ~ 30)℃ 范围内任选一点, 检定过程中环境温度的变化不超过 $\pm 2^\circ\text{C}$, 且不应有温度突变。

5.1.3.2 环境相对湿度: 不大于 80%。

5.1.3.3 周围无影响仪器正常工作的电磁干扰和机械震动。

5.1.4 其他要求

5.1.4.1 交流电源电压: $220(1 \pm 10\%) \text{V}$ 。

5.1.4.2 负载: 被检晶振输出端除连接测量装置外, 不应另接其它负载。

5.2 检定项目和检定方法

5.2.1 检定项目

5.2.1.1 有晶振频率输出的电子测量仪器内晶振检定项目见表 1。

表 1

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	+	+	+
开机特性	+	+	+
日频率波动	+	+	+
日老化率	+	-	-
1 秒频率稳定度	+	+	+
频率复现性	+	+	+
频率准确度	+	+	+

注: “+” 应检项目, “-” 可不检项目。

5.2.1.2 无晶振频率输出的电子测量仪器内晶振检定项目见表 2。

表 2

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	+	+	+
开机特性	+	+	+
频率复现性	+	+	+
频率准确度	+	+	+

5.2.2 外观及工作正常性检查

5.2.2.1 装有被检晶振的电子测量仪器不应有影响正常工作的机械损伤，通电后正常工作。

5.2.2.2 有晶振频率输出的电子测量仪器，输出信号插座应牢固。接通电源后，晶振输出端应有相应频率的信号输出。

5.2.3 相对平均频率偏差的确定

计量性能要求内的各项技术指标在测量时所要获得的原始数据都是一段时间内平均频率对其标称值的相对频率偏差，即：

$$y(\tau) = \frac{f_x - f_0}{f_0} \quad (1)$$

式中： $y(\tau)$ ——相对平均频率偏差；

f_x ——被测晶振在 τ 内的平均频率值；

f_0 ——被测晶振的频率标称值；

τ ——平均时间或取样时间。

测量 1s 频率稳定度时选 $\tau = 1s$ ，测其它技术指标时选 $\tau \geq 10s$ 。

检定时，按照被检晶振不同的技术指标选用相应的测量方法。

5.2.3.1 有晶振频率输出的电子测量仪器内晶振相对平均频率偏差的确定

1) 电子计数器直接测量法

a) 按图 1 连接仪器，被检晶振的输出信号加到电子计数器的测频输入端，电子计数器外标输入端接入参考频标。

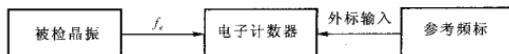


图 1

b) 电子计数器直接测量被检晶振频率的平均值 f_x 。按 (1) 式计算 $y(\tau)$ 。

2) 频差倍增法

a) 按图 2 连接仪器，被检晶振输出频率和参考频率加到频差倍增器相应的输入端，电子计数器外标输入端接入参考频标。

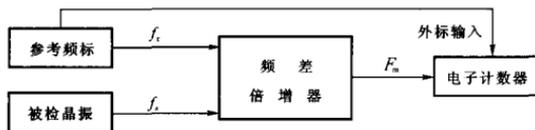


图 2

b) 电子计数器测量频差倍增器的输出频率，按 (2) 式计算 $y(\tau)$ 。

$$y(\tau) = \frac{f_m - f_{m0}}{Mf_0} \quad (2)$$

式中： f_m ——计数器直接测得的平均频率值；

f_{m0} ——计数器所测频率的标称值；

M ——频差倍增器选用的等效倍增次数；

f_0 ——被检晶振频率的标称值。

5.2.3.2 无晶振频率输出的电子测量仪器内晶振相对平均频率偏差的确定

1) 被检仪器为电子计数器

a) 根据被检电子计数器测频范围内最高测量分辨力选择标准频率值和电子计数器的闸门时间，按图 3 或图 4 连接仪器。

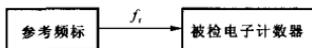


图 3

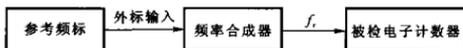


图 4

b) 被检电子计数器直接测量参考频标或频率合成器产生的标准信号频率，按下式计算被检晶振的相对平均频率偏差。

$$y(\tau) = \frac{f_{s1} - f_r}{f_r} \quad (3)$$

式中： f_{s1} ——电子计数器测得的频率平均值；

f_r ——参考频标或合成器输出的标准频率值。

2) 被检仪器为频率合成器

a) 按图 5 连接仪器。

b) 根据电子计数器最高测量分辨力选取闸门时间及频率合成器的输出频率，电子计数器直接测量被检频率合成器的输出信号频率，用 (4) 式计算被检晶振的相对平均频率偏差。

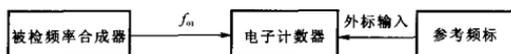


图 5

$$y(\tau) = \frac{f_{s2} - f_{01}}{f_{01}} \quad (4)$$

式中： f_{s2} ——计数器测得的频率平均值；

f_{01} ——合成器输出的频率标称值。

3) 被检仪器为时间间隔测量仪

a) 按图 6 连接仪器。

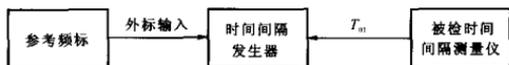


图 6

b) 根据被检时间间隔测量仪的最高测量分辨力选取时基和时间间隔发生器的输出时间间隔。按 (5) 式计算被检晶振的相对平均频率偏差。

$$y(\tau) = \frac{T_{s1} - T_{01}}{T_{01}} \quad (5)$$

式中： T_{01} ——标准时间间隔的标称值；

T_{s1} ——被检时间间隔测量仪的测得值。

4) 被检仪器为时间间隔发生器

a) 按图 7 连接仪器。

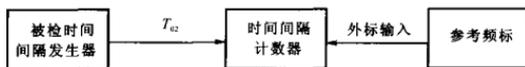


图 7

b) 根据时间间隔计数器的最高测量分辨力选取时基和被检时间间隔发生器输出的时间间隔。按 (6) 式计算被检晶振的相对平均频率偏差。

$$y(\tau) = \frac{T_{02} - T_{s2}}{T_{02}} \quad (6)$$

式中： T_{02} ——被检时间间隔发生器输出的时间间隔的标称值；

T_{s2} ——时间间隔计数器的测得值。

5.2.4 开机特性的检定

5.2.4.1 被检晶振经说明书规定的预热时间（最长 1h）后开始对 $y(\tau)$ 进行测量，每隔 1h 测量一次，连续测 3 个数，取算术平均值作为一次测量结果，记为 $y_i(\tau)$ ，连续测量

7h, 共得 8 个 $y_i(\tau)$, 按 (7) 式计算出开机特性。

$$V = y_{\max}(\tau) - y_{\min}(\tau) \quad (7)$$

式中: V ——开机特性;

$y_{\max}(\tau)$ ——相对平均频率偏差的最大值;

$y_{\min}(\tau)$ ——相对平均频率偏差的最小值。

5.2.4.2 给出晶振的开机特性曲线或给出每次实测数据。

5.2.5 日频率波动的检定

5.2.5.1 晶振经说明书规定的预热时间后开始对 $y(\tau)$ 进行测量, 随后每隔 1h 测量 1 次, 连续测 3 个数, 取算术平均值作为一次测量结果, 记为 $y_i(\tau)$, 连续测量 24h, 共得 25 个 $y_i(\tau)$, 按 (8) 式计算日频率波动。

$$S = y_{\max}(\tau) - y_{\min}(\tau) \quad (8)$$

式中: S ——日频率波动。

5.2.5.2 给出晶振的日频率波动曲线或给出每次实测数据。

5.2.6 日老化率的检定

5.2.6.1 被检晶振经说明书规定的预热时间后开始对 $y(\tau)$ 进行测量, 每隔 12h 测量一次, 连续测 3 个数, 取算术平均值作为 t_i 时刻的测量结果, 记为 $y_i(\tau)$, 连续测量 7 天, 共得 15 个 $y_i(\tau)$, 按 (9) 式计算日老化率。

$$K = \frac{2 \sum_{i=1}^n (y_i(\tau) - \overline{y_i(\tau)}) (t_i - \bar{t})}{\sum_{i=1}^n (t_i - \bar{t})^2} \quad (9)$$

式中: K ——日老化率;

n ——取样个数;

t_i ——取样时序;

$$\overline{y_i(\tau)} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i(\tau);$$

$$\bar{t} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_i。$$

5.2.6.2 相关系数按 (10) 式计算

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i(\tau) - \overline{y_i(\tau)}) (t_i - \bar{t})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (y_i(\tau) - \overline{y_i(\tau)})^2 \sum_{i=1}^n (t_i - \bar{t})^2}} \quad (10)$$

5.2.6.3 给出老化曲线, 如果相关系数 $|r| \geq 0.6$, 即老化曲线具有明显的单方向性, 则根据计算出的日老化率在老化曲线上画出老化直线, 并在检定结果中给出日老化率及相关系数; 如果相关系数 $|r| < 0.6$, 即老化曲线不具有明显的单方向性, 则只给老化曲线。

注: 日老化率检定详细内容参见 JJG181—1989 高稳定石英晶体振荡器国家计量检定规程。

5.2.7 1s 频率稳定度的检定

晶振经说明书规定的预热时间后开始对 $y(\tau)$ 进行测量, 取样时间为 1s, 连续测量

101 次, 共测得 101 个 $y_i(\tau)$ 值, 按 (11) 式计算 1s 频率稳定度。

$$\sigma_y(\tau) = \sqrt{\frac{1}{200} \sum_{i=1}^{100} (y_{i+1}(\tau) - y_i(\tau))^2} \quad (11)$$

式中: $\sigma_y(\tau)$ ——频率稳定度;

$y_i(\tau), y_{i+1}(\tau)$ ——分别为第 i 和第 $i+1$ 次测得的相对平均频率偏差。

5.2.8 频率复现性的检定

5.2.8.1 频率复现性是指晶振连续工作一段时间 T_1 后, 关机一段时间 T_2 , 再开机一段时间 T_3 后的相对平均频率偏差值 $y_2(\tau)$ 与关机前相对平均频率偏差值 $y_1(\tau)$ 之差的绝对值。用 (12) 式表示。

$$R = |y_2(\tau) - y_1(\tau)| \quad (12)$$

式中: R ——频率复现性。

5.2.8.2 $T_1 = T_3 =$ 晶振规定的预热时间, $T_2 \geq 24\text{h}$ 。

5.2.8.3 测量 3 次, 取其算术平均值作为 $y_1(\tau)$ 和 $y_2(\tau)$ 。

5.2.9 频率准确度的测定和调整

5.2.9.1 连续测量三次 $y(\tau)$, 取其算术平均值的绝对值作为频率准确度的测量结果。

5.2.9.2 在检定结果中给定的频率准确度应比测得的日频率波动低一个量级, 无晶振频率输出的电子测量仪器内晶振的频率准确度应比频率复现性低一个量级。

5.2.9.3 当测得结果低于计量性能要求, 被检晶振频率值又可调时, 应进行准确度调整, 调整的量值应比检定结果中给定的值高一个量级。

5.3 检定结果的处理

按本规程要求检定合格的晶振, 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

电子测量仪器内晶振的检定周期一般不超过 1 年。

附录 A

有晶振频率输出的电子测量仪器内晶振的检定证书内页格式

1. 开机特性 $V =$
2. 日频率波动 $S =$
3. 1 秒频率稳定度 $\sigma_y (1s) =$
4. 频率复现性 $R =$
5. 频率准确度 $A =$
6. 日老化率 (首次或修理后检定) $K =$

附录 B

无晶振频率输出的电子测量仪器内晶振的检定证书内页格式

1. 开机特性 $V =$

2. 频率复现性 $R =$

3. 频率准确度 $A =$
