



中华人民共和国国家标准

GB/T 12273.1—2017
代替 GB/T 12273—1996

有质量评定的石英晶体元件 第 1 部分：总规范

Quartz crystal units of assessed quality—Part 1: Generic specification

(IEC 60122-1:2002, MOD)

2017-05-31 发布

2017-12-01 实施



中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局 发布
中国国家标准化管理委员会

中 华 人 民 共 和 国
国 家 标 准
有质量评定的石英晶体元件
第 1 部分:总规范
GB/T 12273.1—2017

*

中国标准出版社出版发行
北京市朝阳区和平里西街甲 2 号(100029)
北京市西城区三里河北街 16 号(100045)

网址 www.spc.net.cn

总编室:(010)68533533 发行中心:(010)51780238

读者服务部:(010)68523946

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷
各地新华书店经销

*

开本 880×1230 1/16 印张 2.5 字数 70 千字
2017 年 6 月第一版 2017 年 6 月第一次印刷

*

书号: 155066·1-56243 定价 36.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换
版权专有 侵权必究
举报电话:(010)68510107

目 次

前言	III
1 总则	1
1.1 范围	1
1.2 规范性引用文件	1
1.3 优先顺序	2
2 术语和一般要求	3
2.1 通则	3
2.2 术语和定义	3
2.3 优先额定值和特性	14
2.4 标志	17
3 质量评定程序	17
3.1 总则	17
3.2 初始制造阶段	18
3.3 结构相似元件	18
3.4 分包	18
3.5 制造商批准	18
3.6 批准程序	18
3.7 能力批准程序	19
3.8 鉴定批准程序	19
3.9 试验程序	19
3.10 筛选要求	19
3.11 返工和返修	20
3.12 放行批证明	20
3.13 放行有效期	20
3.14 延期放行	20
3.15 不检查的参数	20
4 试验和测量程序	20
4.1 通则	20
4.2 替代的试验方法	20
4.3 测量准确度	20
4.4 标准试验条件	21
4.5 外观检验	21
4.6 尺寸检验和规检程序	21

4.7 电气试验程序	21
4.8 机械和环境试验程序	23
4.9 耐久性试验程序	27
附录 A (规范性附录) 耐久性试验	28
附录 B (资料性附录) 本部分与 IEC 60122-1:2002 相比的结构变化情况	31
附录 C (资料性附录) 本部分与 IEC 60122-1:2002 技术性差异及其原因	33

前 言

GB/T 12273《有质量评定的石英晶体元件》分为如下几个部分：

- 第 1 部分：总规范；
- 第 2 部分：使用指南；
- 第 3 部分：标准外形和引出端连接；
- 第 4 部分：分规范 能力批准；
- 第 4.1 部分：空白详细规范 能力批准；
- 第 5 部分：分规范 鉴定批准；
- 第 5.1 部分：空白详细规范 鉴定批准。

本部分为 GB/T 12273 的第 1 部分。

本部分按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本部分代替 GB 12273—1996《石英晶体元件 电子元器件质量评定体系规范 第 1 部分：总规范》。本部分与 GB/T 12273—1996 相比，除编辑性修改外主要变化如下：

- 标准编号根据标准不同部分进行了调整；
- 标准名称由《石英晶体元件 电子元器件质量评定体系规范》改为《有质量评定的石英晶体元件 第 1 部分：总规范》；
- 根据电子元器件质量认证的通用规定，修正了上一版中引用文件的条款；
- 用环境试验国家标准 GB/T 2423 代替对应的 IEC 60068，它们在本部分的引用中无技术性差异；
- 增加了压电谐振器等效电路所用符号汇总(见表 1)，各个特征频率的定义、符号及表达式汇总(见表 2)，各种压电石英晶体元件电容比最小值(见表 3)，串联谐振频率与各个特征频率的近似数学表达式，动态参数的数学表达式(见表 4)；
- 增加了阻抗、电抗与频率的对应关系图(见图 2)，增加了导纳圆图(见图 3)；
- 在频率和谐振电阻的测量中增加了网络分析法的引用(见 4.7.1)；
- 增加了 DLD 试验测量方法的引用(见 4.7.2)。

本部分使用重新起草法修改采用 IEC 60122-1:2002《有质量评定的石英晶体元件 第 1 部分：总规范》，并将 IEC 49/1015/CD IEC 60122-1:2002 的修订件 1 作为附录 A。

本部分与 IEC 60122-1:2002 相比，结构发生了变化，附录 B 中给出了章条编号对照情况一览表。

本部分与 IEC 60122-1:2002 相比存在技术性差异，这些差异涉及的条款已通过在其外侧页边空白位置的垂直单线(|)进行了标识。附录 C 中给出了相应技术性差异及其原因的一览表。

本部分还作了下列编辑性修改：

- 增加了 IEC 60122-1:2002 第 3 章悬置段的标题“3.1 总则”；
- 删除国际标准的参考文献。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本部分由中华人民共和国工业和信息化部提出。

本部分由全国频率控制和选择用压电器件标准化技术委员会(SAC/TC 182)归口。

本部分起草单位：中国电子元件行业协会压电晶体分会、北京晨晶电子有限公司、工业和信息化部电子工业标准化研究院。

有质量评定的石英晶体元件

第1部分:总规范

1 总则

1.1 范围

GB/T 12273 的本部分规定了采用能力批准程序或鉴定批准程序评定质量的石英晶体元件的试验方法和通用要求。

1.2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

- GB/T 2421.1—2008 电工电子产品环境试验概述和指南(IEC 60068-1:1988, IDT)
- GB/T 2423.1—2008 电工电子产品环境试验 第2部分:试验方法 试验 A:低温(IEC 60068-2-1:2007, IDT)
- GB/T 2423.2—2008 电工电子产品环境试验 第2部分:试验方法 试验 B:高温(IEC 60068-2-2:2007, IDT)
- GB/T 2423.3—2006 电工电子产品环境试验 第2部分:试验方法 试验 Cab:恒定湿热试验(IEC 60068-2-78:2001, IDT)
- GB/T 2423.4—2008 电工电子产品环境试验 第2部分:试验方法 试验 Db:交变湿热(12h+12h 循环)(IEC 60068-2-30:2005, IDT)
- GB/T 2423.5—1995 电工电子产品环境试验 第2部分:试验方法 试验 Ea 和导则:冲击(idt IEC 60068-2-27:1987)
- GB/T 2423.6—1995 电工电子产品环境试验 第2部分:试验方法 试验 Eb 和导则:碰撞(idt IEC 60068-2-29:1987)
- GB/T 2423.8—1995 电工电子产品环境试验 第2部分:试验方法 试验 Ed:自由跌落(idt IEC 60068-2-32:1990)
- GB/T 2423.10—2008 电工电子产品环境试验 第2部分:试验方法 试验 Fc:振动(正弦)(IEC 60068-2-6:1995, IDT)
- GB/T 2423.15—2008 电工电子产品环境试验 第2部分:试验方法 试验 Ga 和导则:稳态加速度(IEC 60068-2-7:1986, IDT)
- GB/T 2423.21—2008 电工电子产品环境试验 第2部分:试验方法 试验 M:低气压(IEC 60068-2-13:1983, IDT)
- GB/T 2423.22—2002 电工电子产品环境试验 第2部分:试验方法 试验 N:温度变化(IEC 60068-2-14:1984, IDT)
- GB/T 2423.23—2013 环境试验 第2部分:试验方法 试验 Q:密封(IEC 60068-2-17:1994, IDT)
- GB/T 2423.28—2005 电工电子产品环境试验 第2部分:试验方法 试验 T:锡焊(IEC 60068-2-20:1979, IDT)
- GB/T 2423.30—1999 电工电子产品环境试验 第2部分:试验方法 试验 XA 和导则:在清洗

剂中浸渍 (idt IEC 60068-2-45;1993)

GB/T 2423.60—2008 电工电子产品环境试验 第2部分:试验方法 试验U:引出端及整体安装件强度(IEC 60068-2-21;2006,IDT)

GB 3100—1993 国际单位制及其应用 (eqv ISO 1000;1992)

GB/T 4728 (所有部分) 电气简图用图形符号[IEC 60617(所有部分)]

GB/T 16516—1996 石英晶体元件 电子元器件质量评定体系规范 第2部分:分规范——能力批准(idt IEC 61178-2;1993)

GB/T 16517—1996 石英晶体元件 电子元器件质量评定体系规范 第3部分:分规范——鉴定批准(idt IEC 61178-3;1993)

SJ/Z 9154.1—1987 用 π 型网络零相位法测量石英晶体元件参数 第1部分:用 π 型网络零相位法测量石英晶体元件谐振频率和谐振电阻的基本方法(idt IEC 60444-1;1986)

SJ/Z 9154.2—1987 用 π 型网络零相位法测量石英晶体元件参数 第2部分:测量石英晶体元件动态电路的相位偏置法(idt IEC 60444-2;1980)

SJ/T 11210—1999 石英晶体元件参数的测量 第4部分:频率达30 MHz石英晶体元件负载谐振频率 f_L 和负载谐振电阻 R_L 的测量(IEC 60444-4;1988,IDT)

SJ/T 11211—1999 石英晶体元件参数的测量 第5部分:采用自动网络分析技术和误差校正确定等效电参数的方法(IEC 60444-5;1995,IDT)

SJ/T 11212—1999 石英晶体元件参数的测量 第6部分:激励电平相关性(DLD)的测量(IEC 60444-6;1995,IDT)

IEC 60027(所有部分) 电气术语用文字符号(Letter symbols to be used in electrical technology)

IEC 60068-2-58:2004 环境试验 第2-58部分:试验方法 试验Td:表面贴装(SMD)元件可焊性、金属化层耐熔蚀性和耐焊接热试验方法[Environmental testing—Part 2-58: Tests—Test Td: Test methods for solderability, resistance to dissolution of metallization and to soldering heat of surface-mounting devices (SMD)]

IEC 60050(561) 国际电工技术词汇(IEV) 第561部分:频率控制和选择用压电器件[International Electrotechnical Vocabulary (IEV)—Part 561: Piezoelectric devices for frequency control and selection]

IEC 60122-3 有质量评定的石英晶体元件 第3部分:标准外形和引出端连接(Quartz crystal units of assessed quality—Part 3: Standard outlines and lead connections)

IEC QC 001002-1;1998 IEC 电子元器件质量评定体系(IECQ) 程序规则 第1部分:管理[IEC Quality Assessment System for Electronic Components (IECQ)—Rules of Procedure—Part 1: Administration]

IEC QC 001002-2;1998 IEC 电子元器件质量评定体系(IECQ) 程序规则 第2部分:文件[IEC Quality Assessment System for Electronic Components (IECQ)—Rules of Procedure—Part 2: Documentation]

IEC QC 001002-3;2005 IEC 电子元器件质量评定体系(IECQ) 程序规则 第3部分:批准程序[IEC Quality Assessment System for Electronic Components (IECQ)—Rules of Procedure—Part 3: Approval procedures]

IEC QC 001005-5;2000 由包括ISO 9000认证的IEC 电子元器件质量评定体系(IECQ)批准的企业、产品和服务的合格名录(Register of Firms, Products and Services approved under the IECQ System, including ISO 9000)

1.3 优先顺序

在标准的采用中,无论何种原因引起不一致时,应以下列优先顺序采用相应标准:

- 详细规范；
 - 分规范；
 - 总规范；
 - 任何其他被引用的国际标准(如 IEC 标准)。
- 同样的顺序也适用于国家标准。

2 术语和一般要求

2.1 通则

单位、图形符号、文字符号和术语应尽可能从下列标准中选取：

- GB 3100—1993；
- GB/T 4728；
- IEC 60027；
- IEC 60050(561)。

2.2 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

2.2.1

晶片 **crystal element**

白片 **crystal blank**

按晶体结晶轴一定取向,切割成规定的几何形状、尺寸的压电材料。

2.2.2

电极 **electrode**

与晶片表面接触或接近的导电板或导电薄膜,通过它为晶片施加电场。

2.2.3

晶体谐振子 **crystal resonator**

随电极间交变电场而振动的已装架晶片。

2.2.4

支架 **mounting**

(晶体盒内)支撑晶体谐振子的部件。

2.2.5

晶体盒 **enclosure**

保护晶体谐振子和支架的外壳。

2.2.6

晶体盒型号 **enclosure type**

规定外形尺寸及材料并确定了密封方式的晶体盒。

2.2.7

晶体元件 **crystal unit**

已封装于晶体盒内的晶体谐振子。

2.2.8

插座 **socket**

供安放晶体元件,使其固定并提供电连接的元件。

2.2.9

振动模式 mode of vibration

由于振动体受到外部应力作用使各质点所产生运动的模型、振荡频率以及存在的边界条件,常用的振动模式为:

- 弯曲;
- 伸缩;
- 面切变;
- 厚度切变。

2.2.10

基频晶体元件 fundamental crystal unit

晶体谐振子设计为工作在给定振动模式的最低阶次上的晶体元件。

2.2.11

泛音晶体元件 overtone crystal unit

晶体谐振子设计为工作在比给定振动模式最低阶次高的阶次上的晶体元件。

2.2.12

泛音次数 overtone order

给定振动模式的逐次泛音以基频作为 1 开始分配的一系列递增的整数。对于切变模式和伸缩模式,其泛音次数是接近泛音频率与基频频率之比的一个整数。

2.2.13

晶体元件等效电路 crystal unit equivalent circuit

在期望的谐振频率或反谐振频率附近具有与晶体元件相同阻抗的电路。它由一个以电感、电容和电阻的串联支路,再与晶体元件两端的电容的并联来表示。串联支路电感、电容和电阻分别以 L_1 、 C_1 和 R_1 表示。并且把它们称为晶体元件的“动态参数”。并电容用 C_0 表示(见图 1)。

等效电路的参数在单一的振动模式中频率无关。通常在这一假设前提下,认为关注的模式与其他模式是充分隔离的。如果上述条件不成立,便不能应用本部分的公式和测量方法。本部分使用的这些符号的定义见表 1。

注 1: 等效电路未代表晶体元件的全部特性。

注 2: R_e 、 X_e 、 G_p 和 B_p 在谐振频率附近变化迅速,其中:

- R_e —— 等效串联电阻;
- X_e —— 等效串联电抗;
- G_p —— 等效并联电导;
- B_p —— 等效并联电纳。

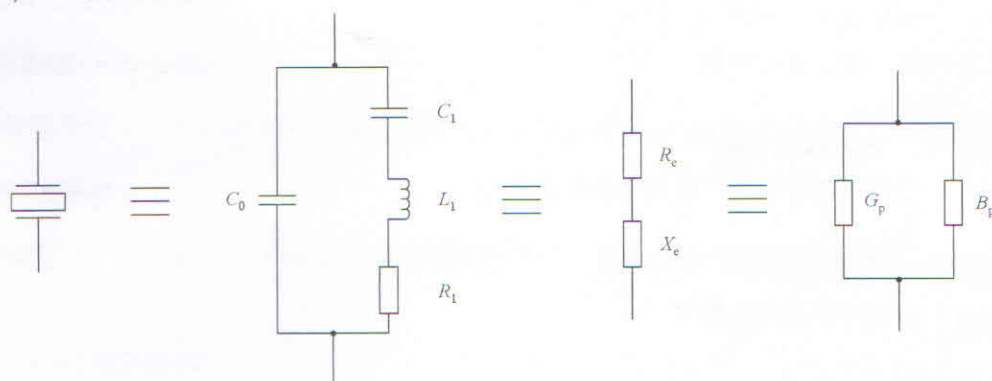


图 1 压电谐振器的符号和等效电路

表 1 压电谐振器等效电路使用的符号汇总

符号	定义	SI	引证(处)		
			公式	表	图
B_p	等效并联电纳	S		2	1
C_0	等效电路中的并电容	F	2,3		1,5
C_1	等效电路中的动态电容	F	2,3		1,5
f	频率	Hz			3
f_a	反谐振频率(零电纳时)	Hz		2,4	2,3
f_m	最大导纳谐振频率(最小阻抗时)	Hz		2,4	2,3
f_n	最小导纳谐振频率(最大阻抗时)	Hz		2,4	2,3
f_p	并联谐振频率	Hz	2,3	2,4	2,3
	$\frac{1}{2\pi\sqrt{L_1\frac{C_1C_0}{C_1+C_0}}}$				
f_r	零电纳谐振频率	Hz		2,4	2,3,4
f_s	串联谐振频率	Hz	2,3	2,4	2,3
	$\frac{1}{2\pi\sqrt{L_1C_1}}$				
G_p	等效并联电导				1
L_1	等效电路中的动态电感	H			1,5
M	谐振器的优值	无量纲		3,4	
	$M = \frac{Q}{r}$				
Q	品质因数	无量纲		3	
	$Q = \frac{W_s L_1}{R_1}$				
r	电容比	无量纲	2,3	2,3,4	
	$r = \frac{C_0}{C_1}$				
R_a	反谐振频率时的电阻	Ω			2,3
R_e	谐振器的等效串联电阻	Ω			1,2
R_r	频率为 f_r 时的电阻	Ω			2,3
R_1	等效电路中的动态电阻	Ω	15	2	1,3,5
X_e	谐振器的等效串联电抗	Ω			1,2
X_0	串联谐振时并电容的电抗	Ω			3
	$X_0 = \frac{1}{\omega_s C_0}$				
X_1	谐振电路串联支路的动态电抗	Ω		2	2
	$X_1 = \omega L_1 - \frac{1}{\omega C_1}$				
Y	谐振器的导纳	S	1		
	$Y = G_p + jB_p = \frac{1}{Z}$				
Y_m	谐振器的最大导纳	S			3
Y_n	谐振器的最小导纳	S			3

表 1 (续)

符号	定义	SI	引证(处)		
			公式	表	图
Z	谐振器的阻抗 $Z = R_e + jX_e$	Ω	1		
Z_m	谐振器的最小阻抗	Ω			2,3
Z_n	谐振器的最大阻抗	Ω			2,3
Z	谐振器阻抗的绝对值 $Z = \sqrt{R_e^2 + X_e^2}$	Ω		2	2
Z_m	f_m (最小阻抗)时的阻抗绝对值	Ω			2
Z_n	f_n (最大阻抗)时的阻抗绝对值	Ω			2
δ	归一化阻尼因数 $\delta = \omega C_0 R_1$	无量纲	1	2	
Ω	归一化频率因数 $\Omega = \frac{f^2 - f_s^2}{f_p^2 - f_s^2}$	无量纲	1	2	
ω	角频率 $\omega = 2\pi f$	rad/s		2	
ω_s	动态谐振角频率 $\omega_s = 2\pi f_s$	rad/s			
C_L	负载电容	F	4,15	1	4,5
f_L	谐振子与 C_L 组合产生的负载谐振频率 $f_L = f_s \sqrt{1 + \frac{C_1}{C_0 + C_L}}$	Hz	15	1	4

2.2.14

动态电阻 motional resistance

R_1

等效电路中动态(串联)支路的电阻。

2.2.15

动态电感 motional inductance

L_1

等效电路中动态(串联)支路的电感。

2.2.16

动态电容 motional capacitance

C_1

等效电路中动态(串联)支路的电容。

2.2.17

并电容 shunt capacitance

C_0

等效电路中与动态支路并联的电容。

2.2.18

压电谐振器的参数 parameters of piezoelectric resonators

等效电路中定义的基本参数 C_1 、 L_1 、 R_1 和 C_0 见图 1, 其他所有参数可由它们导出。在某一给定频率, 等效电路的参数通常近似为常量, 因为参数变化幅度近似为零。不同型号谐振器对参数变化的影响

程度差别较大,因此这些变化只能由实验确定。

压电谐振子等效电路的阻抗 Z 或导纳 Y 的表达式见式(1),这是描述各个参数间关系的基本公式。

$$Z = \frac{1}{Y} = \frac{j}{\omega C_0} \times \frac{\Omega - j\delta}{1 - \Omega + j\delta} \quad \dots\dots\dots(1)$$

式中:

$$\Omega = \frac{f^2 - f_s^2}{f_p^2 - f_s^2};$$

$$\delta = 2\pi f C_0 R_1。$$

Ω 和 δ 分别是归一化频率因数和归一化阻尼因数。式(1)和其他基本参数所用的 f_p 、 f_s 及其他符号的定义见表 1。式(1)中的各特征频率在表 2 中定义。

等效电路阻抗的幅值 $|Z|$ 及其电阻分量 R_e 和电抗分量 X_e 、 L_1 、 C_1 、 R_1 的电抗 X_1 等都是频率的函数,其关系见图 2,为此定义了各个不同的特征频率。 $|Z_m|$ 和 $|Z_n|$ 分别表示最小和最大阻抗, R_r 和 R_s 分别表示相位角为零时的阻抗。图 2 仅为定性表示,并不是实际的某一压电谐振子。

为进一步清楚地表示,图 3 给出了压电谐振子的阻抗和导纳圆表示。但是仅当在谐振范围内导纳圆图的直径大于 $2\pi f C_0$ 的变化时,或当 r 远大于 Q^2 时,大多数谐振子满足这一条件,则阻抗或导纳圆图的表示才是有效的。若后一条件不满足,导纳圆的曲线就是凹边的。本规范的整个内容都假设谐振子的阻抗或导纳能用圆形图形表示。表 3 给出了不同谐振器的 Q 、 r 和 Q^2/r 的数值,表明该假设对所有实际情况均有效。

一般应用时,对实用公式的结果取近似值是必要的。正是近似值的误差并加上仪器的误差,决定了实验性导出参数的总的准确度。

在许多实际应用中,一级近似已足够,因此能够做下列假定:

$$f_m = f_r = f_s \quad \text{及} \quad f_a = f_n = f_p$$

当优值 $M > 10$,且电容比 $r > 10$ 成立时,谐振子的特征频率 f_m 、 f_r 、 f_a 、 f_p 、 f_n 和串联谐振频率 f_s 之间更严格的关系见表 4。这些关系式是在假设 M 远大于 1 的前提下,由多方推导而得到。

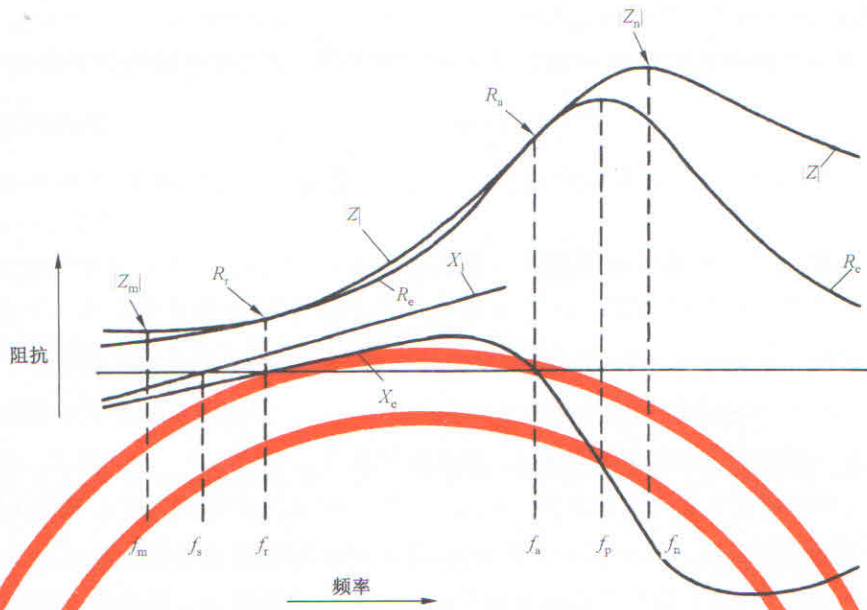
并联谐振频率和串联谐振频率之间的间隔见式(2)。

$$\frac{f_p^2 - f_s^2}{f_s^2} = \frac{C_1}{C_0} = \frac{1}{r} \quad \dots\dots\dots(2)$$

式(2)近似为
$$\frac{f_p - f_s}{f_s} = \sqrt{1 + r^{-1}} - 1 = \frac{1}{2r} \left(1 - \frac{1}{4r} + \dots \right) \approx \frac{1}{2r}$$

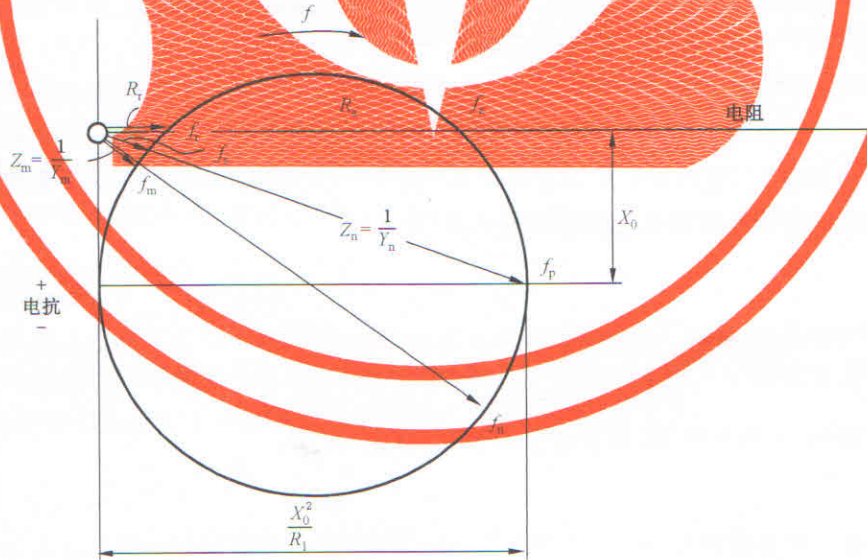
当 r 值较大时(如 r 值大于 25,则误差小于 1%),式(3)可用。

$$\frac{f_p - f_s}{f_s} = \frac{1}{2} \frac{C_1}{C_0} \quad \dots\dots\dots(3)$$



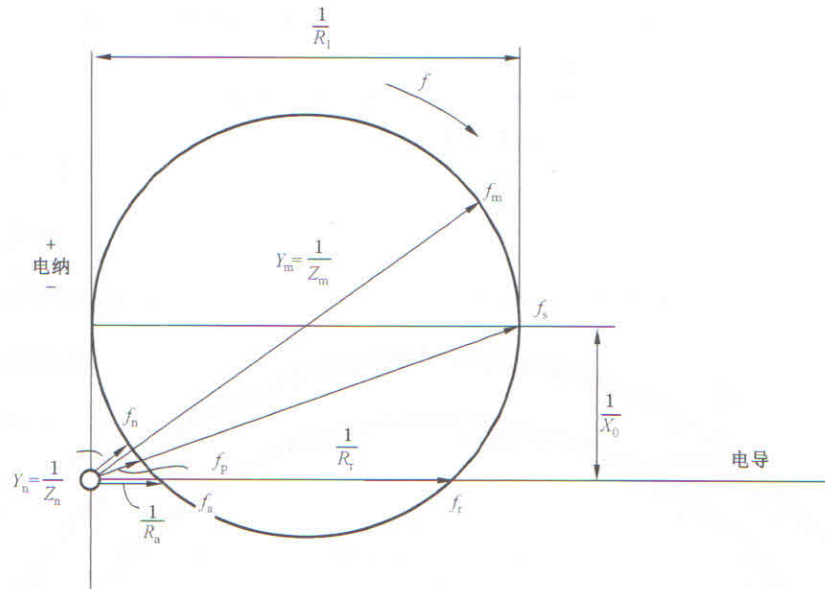
注：图中的符号定义见表1。

图2 压电谐振器的阻抗 $|Z|$ 、电阻 R_e 、电抗 X_e 、串联支路电抗 X_s 与频率的关系



a) 压电谐振器的阻抗图

图3 压电谐振器的阻抗和导纳图(图中符号与表1和图2一致)



b) 压电谐振器的导纳图

图 3 (续)

2.2.19

谐振频率 resonance frequency

f_r

在规定条件下,晶体元件的阻抗呈电阻性时两个频率中较低的一个频率。

2.2.20

谐振电阻 resonance resistance

R_r

晶体元件在谐振频率 f_r 时的电阻。

2.2.21

反谐振频率 anti-resonance frequency

f_a

在规定条件下,晶体元件的阻抗呈电阻性时两个频率中较高的一个频率。

2.2.22

负载电容 load capacitance

C_L

与晶体元件一起确定负载谐振频率 f_L 的有效外接电容。

2.2.23

负载谐振频率 load resonance frequency

f_L

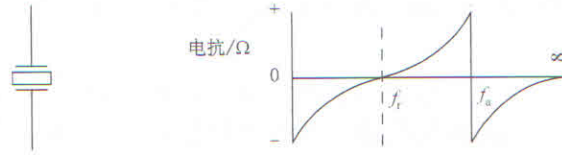
在规定条件下,晶体元件与负载电容串联或并联,其组合阻抗呈电阻性时两个频率中的一个频率。负载电容串联时,负载谐振频率是两个频率中较低的一个,而负载电容并联时,负载谐振频率则是其中较高的一个(见图 4)。

实用中,对于一个给定的负载电容值 C_L ,负载谐振频率可用式(4)表征:

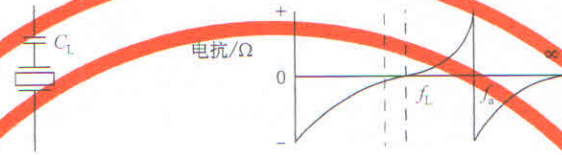
$$\frac{1}{f_L} = 2\pi \sqrt{\frac{L_1 C_1 (C_0 + C_L)}{C_1 + C_0 + C_L}} \dots\dots\dots (4)$$

注 1: 2.2.19、2.2.21 和 2.2.23 定义的频率将出现在表 1 中, 作为最常用的术语。与晶体元件相关的其他频率有许多, 全部表达式可在表 2 和表 4 中查阅。

注 2: 当要求较高的准确度或需要间接参数时(如晶体元件的动态参数), 上述参数可由测量频率导出并可在 SJ/Z 9154.1—1987 和 SJ/T 11210—1999 中查阅。



a) 无负载电容



b) 串联负载电容



c) 并联负载电容

注 1: 图 b) 和图 c) 所示的负载电容是相等的。

注 2: 见 2.2.19、2.2.21 和 2.2.23。

图 4 谐振频率、反谐振频率和负载谐振频率

2.2.24

负载谐振电阻 load resonance resistance

R_L

晶体元件与规定的外部电容相串联, 在负载谐振频率 f_L 时的电阻。

R_L 值与 R_p 值密切相关, 近似表达式为:

$$R_L \approx R_p \left[1 + \frac{C_p}{C_L} \right]^2 \dots\dots\dots (5)$$

2.2.25

标称频率 nominal frequency

f_{nom}

制造商赋予晶体元件的频率。

2.2.26

工作频率 working frequency

f_w

晶体元件和与其配合的电路一起工作的频率。

2.2.27

负载谐振频率偏置 load resonance frequency offset

Δf_L

负载谐振频率偏置由式(6)计算:

$$\Delta f_L = f_L - f_r \quad \dots\dots\dots (6)$$

其值可由式(7)近似计算:

$$\Delta f_L \cong \frac{f_r C_1}{2(C_0 + C_L)} \quad \dots\dots\dots (7)$$

应用中,为标明某负载电容实际值(单位:pF)对已给定负载电容值的负载谐振频率偏置 Δf_L ,可写为 Δf_{30} 或 Δf_{20} 。

2.2.28

相对负载谐振频率偏置 fractional load resonance frequency offset

D_L

相对负载谐振频率偏置由式(8)计算:

$$D_L = \frac{f_L - f_r}{f_r} \quad \dots\dots\dots (8)$$

其值可由式(9)近似计算:

$$D_L \cong \frac{C_1}{2(C_0 + C_L)} \quad \dots\dots\dots (9)$$

相对负载谐振频率偏置也可写为 D_{30} ,以表示负载电容为 30 pF 时的相对负载谐振频率偏置 D_L 。

2.2.29

频率牵引范围 frequency pulling range

$\Delta f_{L1,L2}$

频率牵引范围由式(10)计算:

$$\Delta f_{L1,L2} = |f_{L1} - f_{L2}| \quad \dots\dots\dots (10)$$

其值可由式(11)近似计算:

$$\Delta f_{L1,L2} = \left| \frac{f_r C_1 (C_{L2} - C_{L1})}{2(C_0 + C_{L1})(C_0 + C_{L2})} \right| \quad \dots\dots\dots (11)$$

频率牵引范围也可写为 $\Delta f_{20,30}$,以表示 20 pF 和 30 pF 负载电容之间的频率牵引范围。

2.2.30

相对频率牵引范围 fractional pulling range

$D_{L1,L2}$

相对频率牵引范围由式(12)计算:

$$D_{L1,L2} = \left| \frac{f_{L1} - f_{L2}}{f_r} \right| = |D_{L1} - D_{L2}| \quad \dots\dots\dots (12)$$

其值可由式(13)近似计算:

$$D_{L1,L2} = \left| \frac{C_1 (C_{L2} - C_{L1})}{2(C_0 + C_{L1})(C_0 + C_{L2})} \right| \quad \dots\dots\dots (13)$$

相对频率牵引范围可写为 $D_{20,30}$,以表示 20 pF 与 30 pF 负载电容之间的相对频率牵引范围。

2.2.31

频率牵引灵敏度 pulling sensitivity

S

频率牵引灵敏度由式(14)计算:

$$S = \frac{dD_L}{dC_L} \cong -\frac{C_1}{2(C_0 + C_L)^2} \quad \dots\dots\dots (14)$$

频率牵引灵敏度可写为 S_{30} ,以表示 30 pF 负载电容的频率牵引灵敏度。

2.2.32

工作温度范围 operating temperature range

在晶体盒上测得的温度范围,在此温度范围内,晶体元件应工作在规定的频差之内。

2.2.33

可工作温度范围 operable temperature range

在晶体盒上测得的温度范围,在此温度范围内晶体元件必须工作,但不一定工作在规定的频差之内。

2.2.34

贮存温度范围 storage temperature range

在晶体盒上测得的最低温度和最高温度,在这两个温度下贮存晶体元件应无性能退化或损坏。

2.2.35

基准温度 reference temperature

进行晶体元件可信测量的温度。对温控晶体元件,基准温度为控温范围的中点;对非温控晶体元件,基准温度通常为 $25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

2.2.36

激励电平 level of drive

施加于晶体元件的激励条件的量度。激励电平可用通过晶片的电流或晶片耗散功率表示。

2.2.37

激励电平相关性 drive level dependency

激励电平相关性(DLD)是晶体元件谐振电阻随激励电平条件变化的效应。该参数可用两个规定激励电平所对应的电阻之比来确定,该比值由式(15)表示:

$$\frac{R_{r1}}{R_{r2}} \dots\dots\dots (15)$$

式中:

R_{r1} ——低激励电平时的电阻;

R_{r2} ——高激励电平时的电阻。

2.2.38

无用响应 unwanted response

谐振器除工作频率以外的谐振状态。

2.2.39

频差 frequency tolerance

由规定原因或综合原因引起的工作频率的最大允许偏差。频差一般以标称频率的百万分之一(10^{-6})表示。

通常,采用下述几种频差:

- 规定条件下,基准温度时工作频率相对于标称频率的偏差;
- 整个温度范围内的工作频率相对于规定基准温度时工作频率的偏差,
- 规定条件下由老化引起的频率偏差;
- 各种原因引起的工作频率相对于标称频率的偏差(总偏差)。

表 2 各个特征频率汇总

特征频率	定义	条件	特征频率的公式表达
f_m	最大导纳(最小阻抗)频率	$\frac{d Z }{d\omega} = 0$	$(\Omega^2 + \delta^2)^2 - 2\delta^2(\Omega + r) - 2\Omega r(1 - \Omega) - \Omega^2 = 0$
f_s	串联谐振频率	$X_1 = 0$	$\Omega = 0$

表 2 (续)

特征频率	定义	条件	特征频率的公式表达
f_r	谐振频率	$X_c = B_p = 0$	$\Omega(1-\Omega) - \delta^2 = 0$
f_a	反谐振频率	$X_c = B_p = 0$	$\Omega(1-\Omega) - \delta^2 = 0$
f_p	并联谐振(无损耗)频率	$ X_c = \infty, R_1 = 0$ 时	$\Omega = 1$
f_n	最小导纳谐振(最大阻抗)频率	$\frac{d Z }{d\omega} = 0$	$(\Omega^2 + \delta^2)^2 - 2\delta^2(\Omega + r) - 2\Omega r(1-\Omega) - \Omega^2 = 0$

表 3 各种压电谐振器 Q^2/r 最小值的预计

压电谐振器的类型	$Q = Mr$	r	Q^2/r min
压电陶瓷谐振器	90~500	2~40	200
可水溶压电晶体	200~50 000	3~500	80
石英晶体谐振器	$10^4 \sim 10^7$	100~50 000	2 000

表 4 各个特征频率与串联谐振频率 f_s 之间的近似关系

特征频率	一级近似		二级近似	
	$\frac{f}{f_s}$	与更精确值的偏差 $\frac{\Delta f}{f_s}$	$\frac{f}{f_s}$	与更精确值的偏差 $\frac{\Delta f}{f_s}$
f_m	$\frac{f_m}{f_s} = 1$	$-\frac{1}{2M^2 r}$	$\frac{f_m}{f_s} = \sqrt{1 + \frac{1}{2r} \left[1 - \sqrt{1 + \frac{4}{M^2}} \right]}$	$\frac{1}{2M^4 r^2}$
f_r	$\frac{f_r}{f_s} = 1$	$\frac{1}{2M^2 r}$	$\frac{f_r}{f_s} = \sqrt{1 + \frac{1}{2r} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{4}{M^2}} \right]}$	$\frac{1}{2M^4 r^2}$
f_a	$\frac{f_a}{f_s} = 1 + \frac{1}{2r}$	$-\frac{1}{2M^2 r} \left(\frac{1}{r} + 1 \right)$	$\frac{f_a}{f_s} = \sqrt{1 + \frac{1}{2r} \left[1 + \sqrt{1 - \frac{4}{M^2}} \right]}$	$-\frac{1}{2M^2 r} \times \frac{1}{r}$
f_n	$\frac{f_n}{f_s} = 1 + \frac{1}{2r}$	$\frac{1}{2M^2 r} \left(\frac{1}{r} + 1 \right)$	$\frac{f_n}{f_s} = \sqrt{1 + \frac{1}{2r} \left[1 + \sqrt{1 + \frac{4}{M^2}} \right]}$	$\frac{1}{2M^2 r} \times \frac{1}{r}$
f_p	$\frac{f_p}{f_s} = 1 + \frac{1}{2r}$	$-\frac{1}{8r^2}$	$\frac{f_p}{f_s} = \sqrt{1 + \frac{1}{r}}$	0

带串联负载电容 C_L 的等效电路见图 5。

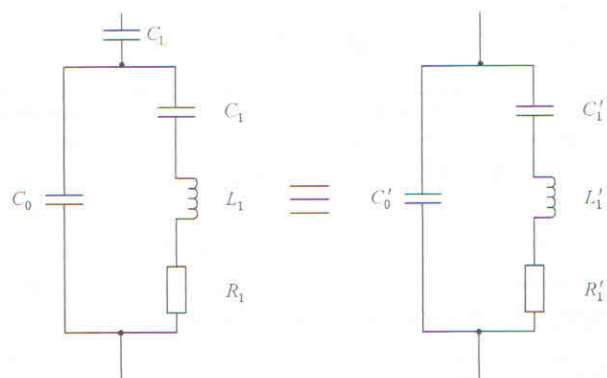


图 5 带串联负载电容 C_L 的等效电路

图中：

$$L'_1 = L_1 \left(1 + \frac{C_0}{C_1}\right)^2$$

$$C'_1 = C_1 \frac{1}{\left(1 + \frac{C_0}{C_1}\right)^2 \left(1 + \frac{C_1}{C_0 + C_L}\right)} \dots\dots\dots (16)$$

$$R'_1 = R_1 \left(1 + \frac{C_0}{C_1}\right)^2$$

$$C'_0 = \left(\frac{C_0 C_L}{C_0 + C_L}\right)$$

$$f_{L1} = f_s \sqrt{1 + \frac{C_1}{C_0 + C_L}} \approx f_s \left(1 + \frac{C_1}{2(C_0 + C_L)}\right) \dots\dots\dots (17)$$

式中：

- L'_1 ——包含串联负载电容的等效电路中动态(串联)支路的电感；
- C'_1 ——包含串联负载电容的等效电路中动态(串联)支路的电容；
- R'_1 ——包含串联负载电容的等效电路中动态(串联)支路的电阻；
- C'_0 ——包含串联负载电容的等效电路中与动态支路并联的电容。

2.3 优先额定值和特性

2.3.1 适合于大气条件工作的温度范围

适合于大气条件工作的温度范围从表 5 中选取。

表 5 适合于大气条件工作的温度范围

序号	温度范围 ℃	序号	温度范围 ℃	序号	温度范围 ℃	序号	温度范围 ℃
1	-55~125	7	-40~80	13	-20~80	19	0~60
2	-55~105	8	-40~70	14	-20~70	20	0~50
3	-55~100	9	-30~80	15	-20~60	21	5~55
4	-55~90	10	-30~70	16	-10~70	22	10~40
5	-40~90	11	-25~80	17	-10~60	23	15~50
6	-40~85	12	-20~85	18	-10~50		

2.3.2 适合于恒温控制的高温范围

适合于恒温控制的高温范围从表 6 中选取。

表 6 适合于恒温控制的高温范围

序号	温度范围 ℃	序号	温度范围 ℃	序号	温度范围 ℃
1	60±5	3	70±5	5	80±5
2	65±5	4	75±5	6	85±5

2.3.3 频差

频差从表 7 中选取。

表 7 频差

序号	频差 1×10^{-6}	序号	频差 1×10^{-6}	序号	频差 1×10^{-6}
1	±200	6	±25	11	±5
2	±100	7	±20	12	±4
3	±50	8	±15	13	±2.5
4	±40	9	±10	14	±1
5	±30	10	±7.5		

2.3.4 电路条件

从以下电路条件中选取：

- 负载电容为 10 pF 的电路；
- 负载电容为 15 pF 的电路；
- 负载电容为 20 pF 的电路；
- 负载电容为 30 pF 的电路；
- 负载电容为 50 pF 的电路；
- 串联谐振电路。

2.3.5 激励电平

根据不同振动模式，选取激励电平：

- a) 厚度切变/AT 切：
- 电流为 150 μA ；
 - 电流为 200 μA ；
 - 电流为 1 000 μA ；
 - 电流为 2 000 μA 。
- 或

- 功率为 1 μW ;
 - 功率为 10 μW ;
 - 功率为 100 μW ;
 - 功率为 500 μW 。
- b) 弯曲振动和面切变:
- 电流为 100 μA ;
 - 电流为 200 μA 。
- c) 伸缩振动:
- 电流为 500 μA ;
 - 电流为 1 000 μA 。

2.3.6 激励电平相关性

激励电平相关性从表 8 中选取。

表 8 激励电平相关性

序号	谐振电阻 Ω	电阻比 $\frac{R_{z1}}{R_{z2}}$
1	<5	2.2
2	5~10	2.0
3	10~20	1.8
4	20~35	1.5
5	35~50	1.3
6	>50	1.2

2.3.7 气候类别(55/105/56)

如果要求晶体元件工作温度范围超过 $-55\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 105\text{ }^{\circ}\text{C}$, 则气候类别应规定为相应的工作温度范围。

2.3.8 碰撞严酷等级

沿 3 个相互垂直轴的每方向峰值加速度 392 m/s^2 , 碰撞(4 000 \pm 10)次。脉冲持续时间 6 ms。

2.3.9 振动严酷等级

2.3.9.1 正弦振动

振动严酷等级从表 9 选取。

表 9 振动严酷等级

序号	频率范围, 振动幅值	振动方向, 持续时间
1	10 Hz~55 Hz 0.75 mm 位移幅值(峰值) 55 Hz~500 Hz 或 55 Hz~2 000 Hz 98.1 m/s ² 加速度幅值(峰值)	3 个相互垂直轴, 每个方向 30 min, 1 oct/min(见 4.8.7)
2	10 Hz~55 Hz 1.5 mm 位移幅值(峰值) 55 Hz~2 000 Hz 196.2 m/s ² 加速度幅值(峰值)	3 个相互垂直轴, 每个方向 30 min, 1 oct/min(见 4.8.7)

2.3.9.2 随机振动

随机振动的试验条件在考虑中。

2.3.10 冲击严酷等级

除详细规范另有规定外, 峰值加速度为 981 m/s², 持续时间为 6 ms, 沿 3 个相互垂直轴的每个方向冲击 3 次(见 4.8.8), 波形为半正弦波。

2.3.11 漏率

晶体元件的漏率为 10^{-3} Pa·cm³/s (10^{-8} bar·cm³/s)。

2.4 标志

2.4.1 标志的内容从下述项目中选取, 每一项目的重要性由给定的顺序位置表明。

- a) 详细规范规定的型号名称;
- b) 标称频率(kHz 或 MHz);
- c) 制造日期或代码;
- d) 制造厂识别代码;
- e) 制造商名称或商标;
- f) 合格标志(采用合格证者除外)。

2.4.2 晶体元件上应清楚地标明上述 a)、b)、c) 项, 并应尽可能多地标出其余的项目。晶体元件上的标志内容应避免重复。

小型化晶体盒的可利用表面区域使标志项目数量受到实际限制时, 详细规范中应给出所用标志的说明。

2.4.3 装有晶体元件的初级包装应清楚地标志 2.4.1 所列的全部内容。

2.4.4 采用的任何附加标志应不致引起混淆。

3 质量评定程序

3.1 总则

评定质量的晶体元件的批准有两种方法, 鉴定批准和能力批准。

3.2 初始制造阶段

按 IEC QC 001002-3:2005 中 3.1.1.2 的规定,晶体元件的初始制造阶段是晶片的最终表面加工。
注:晶片最终表面加工可以是下列工序中的任何一种:研磨、抛光、腐蚀、抛光片的清洗。

3.3 结构相似元件

供鉴定批准、能力批准和质量一致性检验用的结构相似元件的划分应在相关分规范中规定。

3.4 分包

分包程序应按 IEC QC 001002-3:2005 中 3.1.2 的规定。
但是晶片的最终表面加工及所有后续工序应由已授权批准的制造商进行。

3.5 制造商批准

为获得制造商批准,制造商应满足 IEC QC 001002-3:2005 中第 2 章的要求。

3.6 批准程序

3.6.1 通则

为鉴定石英晶体元件,可采用能力批准程序或鉴定批准程序。这些程序符合 IEC QC 001001 和 IEC QC 001002-3 中的规定。

3.6.2 能力批准

当结构相似石英晶体元件以共同的设计规则为基础,采用一组共有的加工工艺制造时,适合采用能力批准。

能力批准详细规范分下述 3 种类型。

a) 能力鉴定元件(CQCs)

每种能力鉴定元件应制定经国家标准机构认可的详细规范。详细规范应能识别 CQC 的目的,并包括所有相关应力水平和试验限值。

b) 标准元件

当能力批准程序包含的元件欲作为标准元件时,应采用空白详细规范编写详细规范。这种规范应由 IECQ 注册并将其列入 IEC QC 001005。

c) 定制石英晶体元件

详细规范的内容应由制造商和用户按 IEC QC 001002-3:2005 中 4.3.3 协商确定。

有关详细规范的更多内容包括在分规范 GB/T 16516 中。

产品和能力鉴定元件(CQCs)按组合形式试验,并对已证实的设计准则,工艺和质量控制程序等基本制造条件给予批准。进一步的内容在 3.7 和分规范 GB/T 16516—1996 中规定。

3.6.3 鉴定批准

鉴定批准适用于标准设计制造的元件,并且已确立了制造过程且遵守已发布的详细规范。

要鉴定的石英晶体元件,按 3.8 和分规范 GB/T 16517—1996 的规定,直接采用适用的评定水平和严酷度等级,按详细规范确定试验大纲。

3.7 能力批准程序

3.7.1 通则

能力批准程序应按 IEC QC 001002-3 的规定。

3.7.2 能力批准资格

制造商应遵守 IEC QC 001002-3:2005 中 4.2.1 和本部分 3.2 初始制造阶段规定的要求。

3.7.3 能力批准的申请

制造商为获得能力批准应采用 IEC QC 001002-3:2005 第 4 章规定的程序。

3.7.4 能力批准的授予

在成功地完成 IEC QC 001002-3:2005 第 4 章规定的程序后,应授予能力批准。

3.7.5 能力手册

能力手册的内容应符合分规范的要求。NSI(国家监督检查机构)应将能力手册作为保密文件。制造商可按其意愿,可以将能力手册的部分内容或全部内容透露给第三方。

3.8 鉴定批准程序

3.8.1 通则

鉴定批准程序应按 IEC QC 001002-3:2005 第 3 章的规定。

3.8.2 鉴定批准资格

制造商应遵守 IEC QC 001002-3:2005 中 3.1.1 和本部分 3.2 初始制造阶段规定的要求。

3.8.3 鉴定批准的申请

制造商为获得鉴定批准应采用 IEC QC 001002-3:2005 中 3.1.3 规定的程序规则。

3.8.4 鉴定批准的授予

在成功地完成 IEC QC 001002-3:2005 中 3.1.5 规定的程序后,应授予鉴定批准。

3.8.5 质量一致性检验

与分规范一起使用的空白详细规范应规定质量一致性检验一览表。

3.9 试验程序

所采用的试验程序应从总规范选取。若要求的试验未包括在总规范中,则应在详细规范中规定。

3.10 筛选要求

用户要求对石英晶体元件进行筛选时,应在详细规范中规定筛选要求。

3.11 返工和返修

3.11.1 返工

返工是纠正加工差错的,若分规范禁止返工,则不应施行返工。若对具体元件有返工次数的限制,则应在分规范中规定。

所有返工应在按详细规范要求的检验批构成之前进行。

以上返工程序应在制造厂制定的有关文件中详细叙述,并在总检查员的直接参与下进行。

不允许返工分包。

3.11.2 返修

返修是元件交给用户后对其缺陷的修正。

经过返修的元件不能再作为制造厂的代表产品,且不能按质量认证体系放行。

3.12 放行批证明

应采用 IEC QC 001002-2:1988 中 1.5 的要求。当按鉴定批准用分规范有规定,且用户要求证明合格的试验记录(CRRL)时,应摘要提供规定试验的结果。

3.13 放行有效期

保存期限超过两年的石英晶体元件,之后的放行批在交货前应按 4.7.1 和 4.7.3 规定的电气试验重新检验,并抽取一个样品进行 4.8.3 a) 的试验。

3.14 延期放行

石英晶体元件应按 IEC QC 001002-3: 2005 中 3.2.6 和 4.3.2 的规定放行。

3.15 不检查的参数

仅针对详细规范中规定并已通过试验的保证在规定范围内的参数。不能保证未规定的参数对每个元件都是不变的。若必须对更多的参数加以控制,则应采用新的涉及面更宽的详细规范。任何附加的试验方法都应规定完整,并应规定相应的极限值、接收质量限和检查水平。

4 试验和测量程序

4.1 通则

试验和测量程序应按有关详细规范规定进行。

4.2 替代的试验方法

各种测量都应优先采用规定的方法进行。除有争议的情况下,可以采用能得出等效结果的任何其他方法。

注:“等效”的意思是采用其他方法得到特性值落在用规定方法测量时的规定极限内。

4.3 测量准确度

详细规范规定的限值是真值。当评价测量结果时应考虑测量的不准确度。应注意将测量误差减至最小。

4.4 标准试验条件

除非另有规定,所有试验都应在 GB/T 2421.1—2008 中 5.3 规定的测量和试验用标准大气条件下进行。

- a) 温度:15 ℃~35 ℃;
- b) 相对湿度:45%~75%;
- c) 气压:86 kPa~106 kPa (860 mbar~1 060 mbar)。

有争议时,采用仲裁测量和试验用标准大气条件如下:

- a) 温度:25 ℃±1 ℃;
- b) 相对湿度:48%~52%;
- c) 气压:86 kPa~106 kPa (860 mbar~1 060 mbar)。

测量前,石英晶体元件应在测量温度下放置足够时间,以使石英晶体元件达到热平衡。

受控恢复条件和标准的干燥条件按 GB/T 2421.1—2008 中 5.4 的规定。

应记录测量期间的环境温度并在试验报告中注明。

4.5 外观检验

4.5.1 通则

除非另有规定,外部的外观检查应在正常的工厂照明和目视条件下进行。

4.5.2 试验条件 1

应对石英晶体元件进行目检,以确保其状态、加工质量和表面质量良好。标志应清晰。

4.5.3 试验条件 2

应在 10 倍放大的条件下对石英晶体元件进行目检。玻璃应无裂纹,无引出端损伤。弯月面楔形沿周围的细小剥片不算裂纹。

4.5.4 试验条件 3

应对石英晶体元件进行目检。应无腐蚀或其他很可能削弱正常工作的退化。标志应清晰。

4.6 尺寸检验和规检程序

4.6.1 尺寸检验 A

适用时,使用规定的量规,检查各引出端的尺寸、间距和定位,并应符合规定值。

4.6.2 尺寸检验 B

采用合适的量具测量尺寸,并符合 IEC 60122-3 或相关详细规范的规定。

4.7 电气试验程序

4.7.1 频率和谐振电阻

除非详细规范另有规定,对非温度控制的晶体元件应在 25 ℃±2 ℃条件下进行测量,而对温度控制的晶体元件则应在温控范围中点±1 ℃进行测量。

应按详细规范规定的条件测量晶体元件的频率和谐振电阻,并应在规定极限内。

注：根据被试晶体元件的频率，规定按 SJ/Z 9154.1, SJ/Z 9154.2, SJ/T 11210—1999 和 SJ/T 11211 中的优先测量方法。任何其他测量方法可以采用，但测量结果要与采用优先方法所得结果有相关关系。

4.7.2 激励电平相关性

当规定激励电平相关性试验时，重要的是这项试验应在晶体元件预活化后至少 5 d 进行（见 SJ/T 11212—1999）。

应在两个规定的激励电平上进行 4.7.1 规定的测量。通常这两个激励电平由规定的低激励电平到规定的高激励电平。除非另有规定，低激励电平应不高于 $50 \mu\text{A}$ ，而高激励电平应不低于 $1\,000 \mu\text{A}$ 。谐振电阻的变化应不超过详细规范的规定。

4.7.3 频率和谐振电阻随温度的变化

在基准温度下，激励电平和负载电容应置于详细规范规定的等级。试验期间，不允许再调整试验设备。

仅当试验 A 是随连续变化温度进行，且在工作温度范围的低端或 $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ （取较低者）开始试验时，试验 A 和试验 B 可合并进行。

频率和谐振电阻随温度的变化分为试验 A 和试验 B：

a) 试验 A

晶体元件从工作温度范围的任一极限值开始试验。在整个规定温度范围内，各测量温度的间隔不超过 $1.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，待晶体元件在每个测量温度达到热平衡测量频率和谐振电阻（见 4.7.1）。

如果试验表明，所选择的温度变化率使获得的结果与用温度步进变化测得的结果有足够相关时，方可在连续改变温度的情况下测量晶体元件。

本试验期间内，晶体元件应在规定极限值内。

b) 试验 B

晶体盒的温度应在不超过 1 min 的时间内，从 $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ 升到 $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。本试验期间，应从 $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 或更低到 $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 测量频率和谐振电阻（见 4.7.1），以提供连续读数。频率和（或）谐振电阻应无不连续变化。这种不连续变化表明晶体盒内存在湿气。

注：湿气的存在仅能在正温度变化时得以验证。

4.7.4 无用响应

在详细规范规定的范围内扫频的同时，以详细规范规定的激励电平监测晶体元件主响应的电阻。

无用响应的谐振电阻与有用谐振频率下响应的谐振电阻之比应不小于详细规范的规定值。换言之，无用响应的谐振电阻应大于详细规范的规定值。

4.7.5 并电容

应在低于晶体元件基频谐振频率处测量并电容 C_0 （见图 1），在此处晶体元件无谐振。除非详细规范另有规定，晶体盒（若为金属壳）应接地。

注 1：没有精密测量 C_0 的直接方法。然而，几乎所有实际情况将 C_0 看成是两个并电容值的平均值。这两个并电容值由在谐振频率 f_r 上、下等距离的两个频率点测得，为使阻抗与任何响应无关，这两个频率点充分远离 f_r 。

注 2： C_0 是谐振子两电极之间的并电容。但必须指出，在许多网络和频率控制应用中，两电极对地的电容都是重要因素。

注 3：在一般情况下，有必要将晶体元件作为三端网络考虑并求出 C_0 ，当晶体元件作为两端器件时，采用常规技术测量两电极对地的开路和短路分布电容。

除非详细规范另有规定，在评估谐振子参数要求的整个一连串测量期间，晶体盒应正电位接地。为此玻璃壳晶体元件应带有金属壳屏蔽罩。

4.7.6 负载谐振频率和负载谐振电阻

负载谐振频率和负载谐振电阻的测量方法按 SJ/T 11210 的规定。

4.7.7 频率牵引范围($\Delta f_{L1, L2}$)

采用 SJ/T 11210 规定的方法或任何替代方法,确定两个规定负载电容时的谐振频率之差,该替代方法在符合要求的准确度上给出与频率的相关性。

4.7.8 动态参数

动态参数的测量方法按 SJ/Z 9154.1, SJ/Z 9154.2 和 SJ/T 11211 的规定。

4.7.9 绝缘电阻

除非详细规范另有规定,绝缘电阻应为 100 V \pm 15 V 直流电压进行测量,测量时间为 60 s,若读数稳定则小于 60 s。电压施加在:

- 与外壳绝缘的各引出端;
 - 彼此绝缘并连接在一起的引出端与外壳的金属件(若存在)间。
- 绝缘电阻应不小于 500 M Ω 。

注:进行本试验时,应注意在外壳上不要留有前面试验的任何湿气。

4.8 机械和环境试验程序

4.8.1 引出端强度(破坏性的)

引出端强度试验分为:

a) 引出端拉力试验和推力试验

本试验应按 GB/T 2423.60—2008 试验 U_{a1} (拉力)和试验 U_{a2} (推力)的规定进行。

除详细规范另有规定,质量负荷依次为:

- 插针(插入式)引出端:20 N 推力;
- 插针(插入式)引出端:20 N 拉力;
- 线状(焊接式)引出端:10 N 拉力。

b) 线状引出端的可弯曲性

本试验应按 GB/T 2423.60—2008 试验 U_b 的规定进行。

除详细规范另有规定,施加的力应限制在距石英晶体元件本体 2.5 mm \pm 0.5 mm 处产生弯曲,所加质量负荷为 5 N,弯曲次数为 3 次。

c) 引出端的弯曲试验(仅对切槽插针式的)

用任何方便的方法固定或夹紧晶体元件本体或底座,使用图 6 所示弯曲工具弯曲插针切槽段以外的引出端部分。

注:为保证弯曲在切槽部位最先出现,可将一有两个插针孔的垫板放置在插针上部,该垫板的厚度可达到包括插针切槽段的一部分。

用弯曲工具将插针沿一个方向弯曲 $15^\circ \pm 2^\circ$,接着沿相反方向弯曲 $30^\circ \pm 2^\circ$,再向起始位置弯曲 $15^\circ \pm 2^\circ$ 结束。每个方向上的弯曲速度大约为 $5^\circ/\text{s}$ 。

采用本试验时,插针引出端不应有裂纹。

d) 无引线引出端

本试验应按 GB/T 2423.60—2008 试验 U_e 的规定进行。

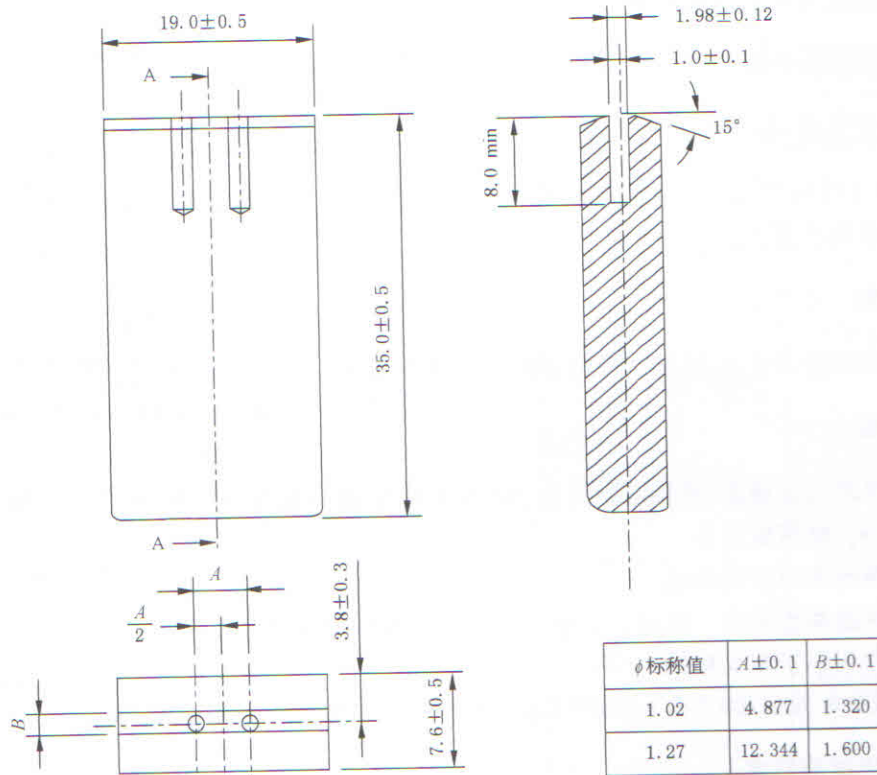


图 6 引出端弯曲试验工具

4.8.2 密封试验(非破坏性的)

密封试验分为:

a) 粗检漏试验

本试验应按 GB/T 2423.23—1995 试验 Qc 的试验方法 1 或试验方法 2 的规定进行。

方法 1:

液体应为去气的水,水面的气压应降到 8.5 kPa(85 mbar)或更低。在真空破坏前不必排液或将样品从水中取出。

方法 2:

除非详细规范另有规定,液体温度应保持在 125℃±5℃。浸渍时间应为 30 s。

1 min 后,晶体元件应从试验箱中取出,并暴露于 GB/T 2421.1—2008 中 5.4.1 规定的受控恢复条件下。

试验期间,应无来自石英晶体元件内部的气体或空气排出。连续形成的气泡为泄漏判据。

b) 细检漏试验

本试验应按 GB/T 2423.23—1995 试验 Qk 的规定进行。除详细规范另有规定,压力容器中的压力应为 200 kPa(2 bar)。

除详细规范另有规定,最大漏率不应超过 2.3.11 的规定值。

c) 真空晶体元件的真空度试验(仅对玻璃壳型晶体元件)

真空度应采用取自特斯拉线圈的不超过 15 kV 的峰值电压进行检查。

为避免损坏晶体元件,试验电极的施加点应尽可能远离晶体谐振子及其引出端。为便于观察产生的放电现象,试验应在半暗环境下进行。晶体盒内不应有飞弧现象。在有均匀的放电发生之处,应出现浅蓝色光。

本试验应在尽可能短的时间内完成。因为本试验可能造成被试晶体元件标称频率的改变。

4.8.3 锡焊试验(可焊性和耐焊接热)(破坏性的)

4.8.3.1 可焊性

可焊性试验分为:

a) 试验 A(线状引出端)

本试验应按 GB/T 2423.28—2005 试验 Ta 方法 1 的规定进行。为防止元件受到焊槽直接辐射热的影响,应采用绝热材料屏蔽板。除非详细规范另有规定,屏蔽板应便于引出端浸入焊液至元件本体 2 mm 处。应检查引出端,以引出端润湿焊料的自由流动来说明包锡良好。

b) 试验 B(SMD 封装)

本试验应按 IEC 60068-2-58:2004 试验 Td 的规定进行。除非详细规范另有规定,应在 $235\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的温度下浸渍 $2.0\text{ s} \pm 0.2\text{ s}$ 。应检查引出端有明亮光滑的焊料层,只允许有少量分散的如针孔不润湿或弱润湿的区域,且这些缺陷不应集中在一块。

4.8.3.2 耐焊接热

耐焊接热试验分为:

a) 试验 A(线状引出端)

本试验应按 GB/T 2423.28—2005 试验 Tb 方法 1A 的规定进行。除非详细规范另有规定,浸渍时间应为 $5\text{ s} \pm 1\text{ s}$ 。应使用隔热材料屏蔽板,以防止被试元件受到来自焊槽的直接热辐射。除非详细规范另有规定,屏蔽板应便于引出端浸入焊液至元件本体 2 mm 处。

b) 试验 B(SMD 封装)

本试验应按 IEC 60068-2-58:2004 试验 Td 的规定进行。除非详细规范另有规定,应在 $260\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的温度下浸渍 $10\text{ s} \pm 1\text{ s}$ 。

4.8.4 快速温度变化:两液槽法(非破坏性的)

本试验应按 GB/T 2423.22—2002 试验 Nc 的规定进行。石英晶体元件应经受一个循环,即由 $98\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$ (保持时间 15 s)直接降至 $1\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ (保持时间 5 s)。

4.8.5 规定转换时间的快速温度变化(非破坏性的)

本试验应按 GB/T 2423.22—2012 试验 Na 的规定进行。

对于非温度控制型的石英晶体元件,低温箱和高温箱的温度应为详细规范规定的工作温度范围的极限温度。对于温度控制型的石英晶体元件,低温和高温分别为 $-40\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$ 和 $100\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

除非详细规范另有规定,石英晶体元件应在每一极限温度下保持 15 min。

石英晶体元件应经受 10 次完整的循环,然后放在测量和试验用标准大气条件下恢复,时间不少于 2 h。

4.8.6 碰撞(破坏性的)

本试验应按 GB/T 2423.6—1995 试验 Eb 的规定进行。石英晶体元件应用夹具夹持本体固定。应在 3 个相互垂直的轴向碰撞,其中包括:

- 与引出端平行的轴向;
- 与晶片安装构件垂直的轴向。

除非详细规范另有规定,严酷等级按 2.3.8 的规定。

4.8.7 振动(破坏性的)

4.8.7.1 正弦振动

本试验应按 GB/T 2423.10—2008 试验 Fc 的规定进行。石英晶体元件应用夹具夹持本体固定。振动应加在 3 个相互垂直的轴向,其中包括:

- 与引出端平行的轴向;
 - 与晶片安装构件垂直的轴向。
- 严酷等级应按详细规范规定。

4.8.7.2 随机振动

随机振动的试验条件在考虑中。

4.8.8 冲击(破坏性的)

本试验应按 GB/T 2423.5—1995 试验 Ea 的规定进行。石英晶体元件应用夹具夹持本体固定。应在 3 个相互垂直的轴向冲击,其中包括:

- 与引出端平行的轴向;
- 与晶片安装构件垂直的轴向。

除非详细规范另有规定,严酷等级应按 2.3.10 的规定。

4.8.9 自由跌落(破坏性的)

本试验应按 GB/T 2423.8—1995 试验 Ed 方法一的规定进行。除非详细规范另有规定,应将石英晶体元件引出端悬浮在 1 000 mm 高度,跌落次数为 2 次。

4.8.10 稳态加速度(非破坏性的)

本试验应按 GB/T 2423.15—2008 试验 Ga 的规定进行。石英晶体元件应用夹具夹持本体固定。试验程序和严酷度应按详细规范的规定。

在某些严酷等级,本试验可认为是破坏性的。

4.8.11 高温(非破坏性的)

本试验应按 GB/T 2423.2—2008 试验 Bb 的规定进行。试验应按气候类别指明的高端温度进行,持续时间 16 h。

4.8.12 交变湿热(破坏性的)

本试验应按 GB/T 2423.4—2008 试验 Db 方法 1 的规定进行,严酷等级 b,55 ℃,6 个循环。

4.8.13 低温(非破坏性的)

本试验应按 GB/T 2423.1—2008 试验 Ab 的规定进行。试验应按气候类别指明的低端温度进行,持续时间 2 h。

4.8.14 气候序列(破坏性的)

应按下列顺序进行试验和测量:

- 高温:见 4.8.11;

- 交变湿热:见 4.8.12(第 1 个循环);
- 低温:见 4.8.13;
- 交变湿热:见 4.8.12(其余 5 个循环)。

在气候序列试验中,以上每两个试验之间的间隔不得超过 3 d,除循环湿热(第 1 个循环)与低温之间的间隔之外。

这种情况下,低温试验应在循环湿热规定的恢复时间后立即进行。

4.8.15 恒定湿热(破坏性的)

本试验应按 GB/T 2423.3—2006 试验 Cab 的规定进行,除非详细规范另有规定,试验时间为 56 d。

4.8.16 在清洗剂中浸渍(非破坏性的)

本试验仅适用于表面标志。

为证实标志的耐久性,本试验应按 GB/T 2423.30—1999 试验 XA 方法 1 的规定进行。详细规范应规定所采用的溶剂。

标志应清晰。

4.9 耐久性试验程序

4.9.1 老化(非破坏性的)

晶体元件应在 $(85 \pm 2)^\circ\text{C}$ 非振荡条件下连续存放 30 d。频率和谐振电阻的测量时间间隔应不超过一周。频率和谐振电阻的初始测量应在第一个 24 h 结束时进行,最后测量在 30 d 试验结束时进行。

初始老化测量温度与后续试验测量温度之差应不超过 $\pm 0.5^\circ\text{C}$ 。激励电平应按详细规范规定。除应在 $(85 \pm 2)^\circ\text{C}$ 下进行测量外,其余应按 4.7.1 规定进行测量。

最高频率与最低频率测量值之差应不超过规定值。

谐振电阻应不超过详细规范规定值。

测量系统的频率再现准确度应为 $\pm 5 \times 10^{-7}$ 或允许老化的 $\pm 10\%$,但取其较小者。

4.9.2 延长老化(非破坏性的)

除连续周期应按详细规范规定为 1 000 h、2 000 h 或 8 000 h 外,本试验应按 4.9.1 进行。本试验仅被用作资料用。

除应在 $25^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ 或任何其他规定的基准温度下测量外,其余应按 4.7.1 规定进行测量。

注:进行这些试验仅为了提供信息。用于这些试验的晶体元件不应提供给任何用户。

附录 A
(规范性附录)
耐久性试验

A.1 验证用标准老化试验

A.1.1 目的

本试验用于制造过程中老化性能的统计验证。

A.1.2 试验程序

从生产批中抽取样品,并在(25±2)℃进行 f_s 和 R_1 的初始测量。

试验期间,样品在温箱温度 $T_{oven} = (85 \pm 2)^\circ\text{C}$ 存放。

1 d 后进行中间测量,并至少进行 3 次中间测量;建议在(1,2,5,7,10,20,30)d 后分别测量。

测量时将晶体元件从温箱中取出,并在室温放置 1 h,以避免热冲击。(25±2)℃时按 SJ/T 11211 的规定或等效方法测量 f_s 和 R_1 。

f_s 和 R_1 的最终测量在 30 d 后(25±2)℃下进行。

A.1.3 数据评估

最高频率与最低频率测量值之差应不超过规定值。

谐振电阻应不超过详细规范规定值。

A.2 加速老化

A.2.1 目的

更高温度的加速老化程序用于缩短老化时间,并且(或者)得到更高温度的性能数据等特殊应用。

A.2.2 试验程序

按照 A.1.2 的规定,但温箱温度 T_{oven} 为:105℃,125℃或 150℃。该温度必须低于或等于规定的最高贮存温度。

试验温度时的老化与 25℃时的老化数值之比称为加速因子 AF 。该数值取决于晶体元件的设计和制造工艺,并且能够从实验获得,或者从结构相似的晶体元件取得经验值,也可以由制造厂和用户基于可靠性计算而互相认可。

除非加速因子值另有规定,建议采用以下的近似:

通常的假定是 $AF = 12$ ($T_{oven} = 85^\circ\text{C}$),即 85℃30 d 的老化认为等同于 25℃1 年的老化。

应用阿累尼乌斯定律,加速因子 AF 与活化能 E_a 有关:

$$AF = e^{\frac{E_a}{k} \left(\frac{1}{T_{ref}} - \frac{1}{T_{oven}} \right)} \dots\dots\dots (A.1)$$

式中:

E_a ——活化能;

T_{ref} ——基准温度,单位为开(K);

T_{oven} —— 温箱温度,单位为开(K);

k —— 波尔兹曼常数。

$AF=12(T_{oven}=85\text{ }^{\circ}\text{C}, T_{ref}=25\text{ }^{\circ}\text{C})$ 对应的活化能 E_a 为 0.38 eV。

用 E_a 值能够计算其他老化温度的加速因子。表 A.1 示出了加速因子 AF 和试验天数 N_d 对应于 25 $^{\circ}\text{C}$ 下老化 1 年之间的关系。

表 A.1

T_{oven} °C	AF	N_d d
25	1	365
85	12	30
105	23	16
125	41	9
150	79	5

注: 其他加速因子可由制造厂与用户基于可靠性计算而获得一致认同。

A.2.3 数据评估

按 A.1.3 的规定。

A.3 基准老化

A.3.1 目的

本试验用于更高的置信水平。本方法应当用于高精密晶体以及有争议时的基准方法。

A.3.2 试验程序

试验期间,样品存放在温度 T_{oven} (例如 85 $^{\circ}\text{C}$ 或 105 $^{\circ}\text{C}$) 或者翻转温度的温箱中。温箱的温度稳定度应优于 0.5 $^{\circ}\text{C}$ 。

首先进行 f_s 和 R_1 的初始测量。试验期间每周至少进行 3 次中间测量。

30 d 后进行最终测量。

A.3.3 数据评估

对串联谐振频率 f_s 的测量数据拟合。应使用最小二乘法用下式拟合(对数拟合):

$$\left[\frac{\Delta f(t)}{f_{init}} \right] = a_0 + a_1 \ln(a_2 t + 1) \quad \dots\dots\dots (A.2)$$

式中:

f_{init} —— 初始频率,单位为千赫(kHz)或兆赫(MHz);

$\Delta f(t)$ —— 老化稳定起始时间 t_{stab} (测量数据分析的时间起点应为老化稳定周期的开始)后 t 天的频率与 f_{init} 的频差;

a_0, a_1, a_2 —— 用最小二乘法确定的常数。

注: 默认的拟合算法是对数拟合。某些情况下老化曲线非常平滑,用对数拟合无法得到合理的结果,此时建议用式 A.3 的多项式拟合做为另一种算法。

$$\left[\frac{\Delta f(t)}{f_{\text{init}}} \right] = a_0 + a_1 t + a_2 t^{\frac{1}{2}} \quad \dots\dots\dots (A.3)$$

仅当用多项式最小二乘拟合函数的变量的均方根小于对数拟合的均方根值至少二倍时,才使用上式。

应由使用最小二乘法确定常数的拟合公式得到规定老化周期结束时($t = T_a$)的总频差和老化率。由最小二乘法曲线拟合的函数得到的变量的均方根应不大于试验周期内允许的老化总变化的5%。

当 $t = T_a$ 时,对数拟合(默认)的老化率为:

$$\left[\frac{d \frac{\Delta f(t)}{f_{\text{init}}}}{dt} \right]_{t=T_a} = \frac{a_1 \cdot a_2}{a_2 \cdot T_a + 1} \approx \frac{f(T_a + 1) - f(T_a)}{f_{\text{init}}} \quad \dots\dots\dots (A.4)$$

式中:

T_a —— 老化周期结束的时刻,单位为天(d)。

当 $t = T_a$ 时,多项式拟合的老化率为:

$$\left[\frac{d \frac{\Delta f(t)}{f_{\text{init}}}}{dt} \right]_{t=T_a} = a_1 + \frac{a_2}{2 \cdot \sqrt{T_a}} \quad \dots\dots\dots (A.5)$$

某一时间周期内的预计总频率变化应使用下式计算:

$$A_m \approx \frac{f(T_a + 1) - f(T_a)}{f_{\text{init}}} \quad \dots\dots\dots (A.6)$$

$$A_{1\text{sty}} \approx \frac{f(T_a + 365) - f(T_a)}{f_{\text{init}}} \quad \dots\dots\dots (A.7)$$

$$A_{ny} \approx \frac{f(T_a + N \cdot 365) - f(T_a)}{f_{\text{init}}} \quad \dots\dots\dots (A.8)$$

式中:

A_m —— 月老化;

$A_{1\text{sty}}$ —— 第1年老化;

A_{ny} —— 第N年老化;

电阻 R_1 应不超过规定的最大值。

A.4 延长老化

A.4.1 目的

可靠性和长期性能的评估。

A.4.2 程序

除连续时间为1 000 h、2 000 h或8 000 h,或者按详细规范的规定外,应按照A.1的规定进行。本试验仅用于提供信息。应在(25±2)℃或其他规定的基准温度下,按照SJ/T 11211或等效方法进行测量。

测量间隔延长至二周或更长。中间测量和最终测量时可将晶体元件移出温箱,并在室温放置1 h。应避免热冲击。

A.4.3 评估

最高与最低频率测量值之差应不超过规定值(适用时)。电阻 R_1 应不超过规定的最大值。

注:本试验仅用于提供信息。经过试验的晶体元件不应提供给任何用户。

附录 B
(资料性附录)

本部分与 IEC 60122-1:2002 相比的结构变化情况

本部分与 IEC 60122-1:2002 相比,章条编号发生了变化,具体对照情况见表 B.1。

表 B.1 本部分与 IEC 60122-1:2002 的章条编号对照情况

本部分的章条号	对应 IEC 标准章条编号
3.1	—
3.2	3.1
3.3	3.2
3.4	3.3
3.5	3.4
3.6	3.5
3.6.1	3.5.1
3.6.2	3.5.2
3.6.3	3.5.3
3.7	3.6
3.7.1	3.6.1
3.7.2	3.6.2
3.7.3	3.6.3
3.7.4	3.7
3.7.5	3.7.1
3.8	3.7.2
3.8.1	3.7.3
3.8.2	3.7.4
3.8.3	3.7.5
3.8.4	3.8
3.9	3.8.1
3.10	3.8.2
3.11	3.8.3
3.11.1	3.8.4
3.11.2	3.9
3.12	3.10

表 B.1 (续)

本部分的章条号	对应 IEC 标准章条编号
3.13	3.11
3.14	3.11.1
3.15	3.11.2
附录 A	修订件 1
附录 B	—
附录 C	—

附 录 C
(资料性附录)

本部分与 IEC 60122-1:2002 技术性差异及其原因

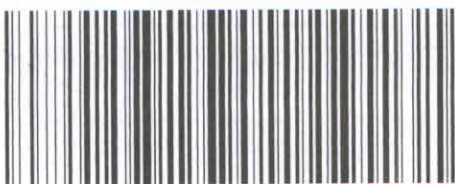
表 C.1 给出了本部分与 IEC 60122-1:2002 的技术性差异及其原因的一览表。

表 C.1 本部分与 IEC 60122-1:2002 的技术性差异及其原因

本部分的章条号	技术性差异	原因
1.2	增加了 GB/T 16516—1996、GB/T 16517—1996、SJ/T 11211—1999、SJ/T 11212—1999、IEC 60122-3:2010	在标准正文中提及了这些标准
2.2.39	公式(17)中第二个“=”改为“≈”	由平方根式转为四则运算式是近似处理
2.3.8	“峰值加速度 390 m/s ² ”改为“峰值加速度 392 m/s ² ”	与振动试验和冲击试验的表示一致
2.4.1 c)	“制造年和星期(4 位数字)”改为“制造日期或代码”	采用国内企业目前的标示方法
4.4	“规定的标准大气条件”改为“规定的测量和试验用标准大气条件”，“采用基准大气条件”改为“采用仲裁测量和试验用标准大气条件”	根据 GB/T 2421.1—2008 中 5.3 的规定，采用相对应的表述
4.8.1	增加无引线 SMD 底座的引出端牢固度试验方法	目前无引线 SMD 产品已大量使用，但 IEC 60122-1 未考虑 SMD 底座的引出端牢固度试验方法，因此本规范增加相应的试验方法条款
4.8.2 b)	删去“试验方法 1 的 6.4”	对应标准中的相应章条无此内容
4.8.3	增加无引线 SMD 产品的可焊性和耐焊接热试验方法	目前无引线 SMD 产品已大量使用，但 IEC 60122-1 未考虑 SMD 产品的可焊性和耐焊接热试验方法，因此本规范增加相应的试验方法条款
4.8.5	“放在标准大气条件下”改为“放在测量和试验用标准大气条件下”	根据 GB/T 2421.1—2008 中 5.3 的规定，采用相对应的表述
4.8.11	“试验 Ba”改为“试验 Bb”	GB/T 2423.2—2008 已废止试验 Ba，根据产品的技术要求，可以用试验 Bb 代替
4.8.13	“试验 Aa”改为“试验 Ab”	GB/T 2423.1—2008 已废止试验 Aa，根据产品的技术要求，可以用试验 Ab 代替
4.8.15	“试验 Ca”改为“试验 Cab”	GB/T 2423.3—1993 已被 GB/T 2423.3—2006 代替

表 C.1 (续)

本部分的章条号	技术性差异	原因
附录 A	将 IEC49/1015/CD:IEC 60122-1:2002 的修正件 1 耐久性试验作为附录 A	IEC 60122-1:2002 中老化试验的规定比较宽泛,对老化预计的计算和加速老化均未涉及,IEC/TC 49 制定了修正件,对 IEC 60122-1:2002 中老化试验做了补充,目前此文件处在 CD 阶段。为了及时将该方法的成果反映在标准中,将该 CD 文件的内容放在附录 A
A.1.2	“(85±1)℃”改为“(85±2)℃”	与正文 4.9.1 一致



GB/T 12273.1—2017

版权专有 侵权必究

*

书号:155066·1-56243

定价: 36.00 元