ICS 31.200，31.140
L90，L21

团 体 标 准

T/CECA XXX—2019

叠层型压电陶瓷致动器总规范

Multilayer piezoelectric actuators total norms

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

（征求意见稿）

本稿完成日期：2019-10-25

2019-XX-XX 发布 2019-XX-XX 实施

中国电子元件行业协会 发布

目次

前言……Ⅱ
引言……Ⅲ
1　范围……1
2　规范性引用文件……1
3　术语和定义……1
4　型号命名方法……3
5　测量和试验的大气条件……3
6　技术要求和试验方法……4
7　检验规则……10
8　标志、包装、运输和贮存……13

前　言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

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。

本标准由中国电子元件行业协会电子陶瓷及器件分会归口。

本标准起草单位：苏州攀特电陶科技股份有限公司、中科院上海硅酸盐研究所、中国电子科技集团公司第二十六研究所、浙江嘉康电子股份有限公司、中船重工集团第 715 研究所、广东捷成科创电子股份有限公司、淄博宇海电子陶瓷有限公司、成都汇通西电电子有限公司、重庆巅慧科技有限公司、江苏联能电子技术有限公司、贵州振华红云电子有限公司、寿光市飞田电子有限公司、广东奥迪威传感科技股份有限公司、广州凯立达电子股份有限公司。

本标准主要起草人：

引　言

本团体标准供成员单位自愿采用，供使用单位参考采用。采用本团体标准时，应根据自身需要，确认本团标的适用性。

叠层型压电陶瓷致动器总规范

1 范围

本标准规定了叠层型压电陶瓷致动器(不带金属封装,不带反馈)的技术要求、试验方法、检验规则，以及标志、包装、运输、贮存等。

本标准适用于叠层型压电陶瓷致动器，是制定叠层型压电陶瓷致动器详细规范的依据。

2 规范性引用文件

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

GB/T 1.1-2009 标准化工作导则 第1部分：标准的结构和编写

GB/T 2421.1-2008 电工电子产品环境试验概述和指南

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

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

GB/T 2423.3-2016 环境试验 第2部分：试验方法 试验Cab：恒定湿热试验

GB/T 2423.22-2012 环境试验 第2部分：试验方法 试验Na：温度变化

GB/T 2828.1-2012 计数抽样检验程序第1部分：按接收质量限(AQL)检索的逐批检验抽样计划

GB/T 3389.1-1996铁电压电陶瓷词汇

GB/T 191 包装储运图示标志

3 术语和定义

GB/T3389.1-1996界定的及下列术语和定义适用于本标准。。

3.1

标称驱动电压 rated operating voltage

叠层型压电陶瓷致动器的额定工作电压，称为标称驱动电压。

3.2

最大驱动电压 MAX operating voltage

叠层型压电陶瓷致动器 1.20 倍标称驱动电压。

3.3

标称位移 rated displacement

叠层型压电陶瓷致动器在标称电压驱动下产生的位移量为标称位移。

3.4

最大位移 MAX displacement

叠层型压电陶瓷致动器在最大驱动电压下输出的位移。

3.5

迟滞 hysteresis

叠层型压电陶瓷致动器在升压及降压过程的输出位移与输入电压曲线不重合的现象称之为致动器的迟滞，最大迟滞用升压与降压位移曲线上相同电压输出位移的最大偏差。

3.6

迟滞徊线 ferroelectric hysteresis loop

叠层型压电陶瓷致动器在升压及降压过程的输出位移与输入电压的徊线。

3.7

迟滞系数 hysteresis coefficient

叠层型压电陶瓷致动器的最大迟滞与标称位移的比值,用百分比表示。如图 1 所示：

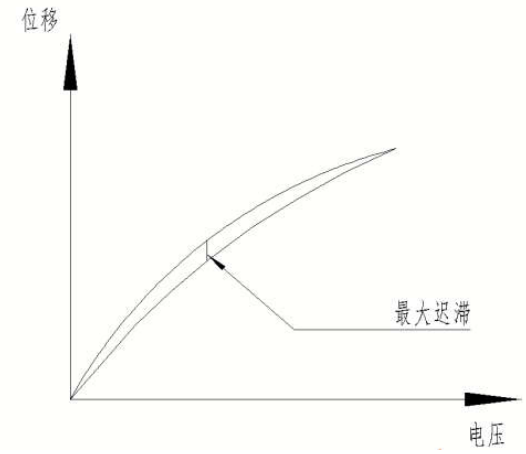


图 1 迟滞系数说明图

3.8

位移非线性系数 displacement nonlinear coefficient

叠层压电陶瓷致动器的迟滞回线与拟定直线之间的最大偏差值与标称位移的百分比。如图 2 所示：

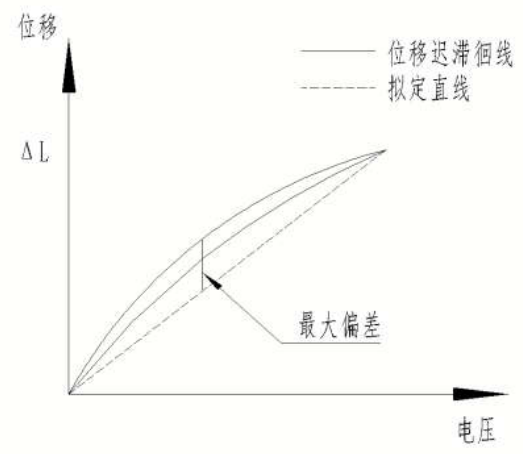


图 2 位移非线性系数说明图

3.9

位移再现性 displacement reproducibility

将测试完一次标称位移后的 0 电压时的位移设为测微仪 0 点，将驱动电压升到标称驱动电压，记录标称位移，再将驱动电压降到 0，记录残留位移，残留位移与标称位移之百分比。

3.10

蠕变 creep

叠层型压电陶瓷致动器在保持驱动电压不变的条件下，应变随时间延长而增加的现象。

3.11

刚度 stiffness

叠层型压电陶瓷致动器在压力作用下产生形变，产生单位形变所需的力。

3.12

最大出力 MAX output force

叠层型压电陶瓷致动器施加标称驱动电压时，零位移下的阻塞力。

3.13

动态响应时间 dynamic response time

叠层型压电陶瓷致动器加方波测试时，从零位移上升至最大位移所需的时间。

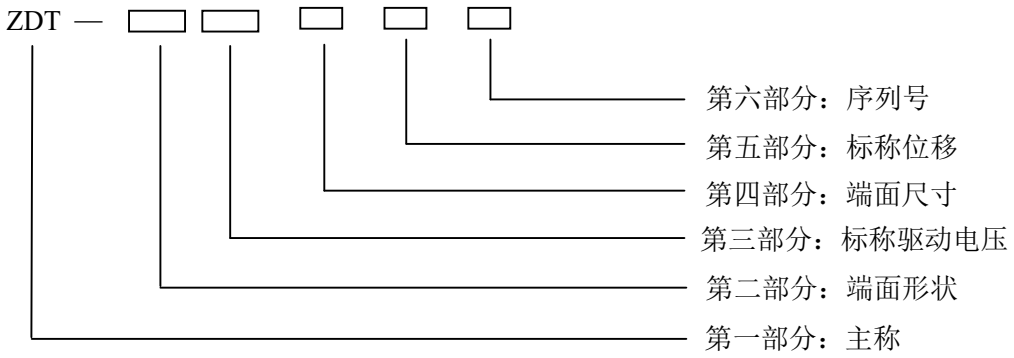
3.14

连续动态工作寿命 continuous dynamic operating life

叠层型压电陶瓷致动器在标称驱动电压及规定的试验频率作用下的无损坏工作次数为连续动态工作时间。

4 型号命名方法

叠层型压电陶瓷致动器型号由以下部分组成，如下所示：



说明：

第一部分：主称，ZDT 代表叠层型压电陶瓷致动器；

第二部分：端面形状，形状以字母代码表示；

代号	J	Y	H	T
端面形状	矩形	圆形	环形	异形

第三部分：标称驱动电压，单位为 VDC；

第四部分：矩形，前面两位数字为外电极面宽度，后面两位数字为无电极面的宽度；

圆形，用两位数表示直径；

环形，前两位数表示外径，后两位数表示内径；

异形，用两位数字表示异形的最大尺寸。

第五部分：标称位移，额定电压下的位移，单位为μm，用三位数字表示；

第六部分：序列号，以一位阿拉伯数字表示。

5 测量和试验的大气条件

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。

温度：15 ℃~ 35 ℃；

相对湿度：45% ~ 75%；

气压：86kPa ~ 106kPa；

有争议时，采用仲裁测量和试验用标准大气条件：

温度：25℃±2℃；

相对湿度：45% ~ 55%；

气压：86 kPa ~ 106 kPa。

测量前，元件应在测量温度下放置24h，以使元件达到热平衡。为了有助于干燥，受控恢复条件和标准的干燥条件按GB/T 2421.1—2008中5.4和5.5的规定。如果测量不是在标准温度下进行，必要时测量结果应修正到标准温度下。应记录测量期间的环境温度并在试验报告中注明。

6 要求与试验方法

6.1 外形尺寸

6.1.1 要求

外形尺寸应符合详细规范要求。

6.1.2 试验方法

用符合精度要求的量具测量外形尺寸。

6.2 外观质量

6.2.1 要求

表面光滑，无明显气泡、凹凸点，边缘无缺损，端面无裂纹及损伤，焊点应光亮无锡尖。

6.2.2 试验方法

用目测法或详细规范规定的方法检查表面质量。

6.3 标称位移

6.3.1 要求

标称位移应符合详细规范的规定。

6.3.2 试验方法

6.3.2.1 测试仪表

采用输出电压精度高于 0.1%的驱动电源和位移测量分辨率高于 0.1um 的测微仪测试。

6.3.2.2 测试示意图

标称位移测试系统示意图见图 3 所示：

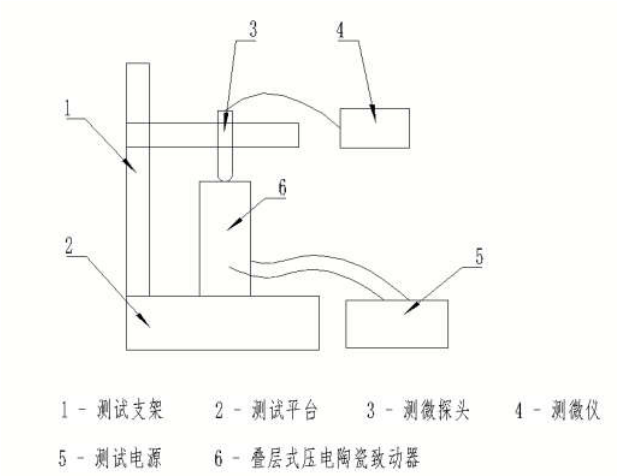


图 3 位移测试系统示意图

6.3.2.3 试验方法

接图 3 要求连接测试系统。将致动器垂直装载在测试平台的夹具上，按测微仪要求调整位移输出端与测微仪探头接触。将驱动电压调到被测样品的标称驱动电压，记录测微仪相应的读数。将驱动电压降至零，记录测微仪相应读数。测微仪在额定工作电压及零电压时的读数之差为标称位移。

6.4 最大位移

最大位移应符合详细规范的规定。

6.4.1 试验方法

测试仪表同 6.3.2.1；测试示意图同 6.3.2.2；测试方法参照 6.3.2.3，将驱动电压调到被测样品的最大驱动电压测试位移，该位移为最大位移。

6.5 谐振频率

6.5.1 要求

谐振频率应符合详细规范要求。

6.5.2 试验方法

6.5.2.1 测试仪器

选用扫频范围包含器件频率范围的阻抗分析仪或扫频仪进行测试。

6.5.2.2 试验方法

将测试夹具接入仪器的输出及输入接口，开启电源，按规定时间预热。设定测试电压为1V，按详细规范的要求设定扫频范围。测量范围内的最小阻抗值所对应的频率为致动器的谐振频率。

6.6 静电容量

6.6.1 要求

静电容量应符合详细规范的规定。

6.6.2 试验方法

6.6.2.1 测试仪器

使用测量范围符合要求，测量误差不大于0.5%的电容电桥测试。

6.6.2.2 测试方法

设定电容电桥的测试电压设为 1V，频率设为 1kHz，将致动器接入电容电桥，仪器显示的电容值为样品的静电容量。

6.7 迟滞系数

6.7.1 要求

致动器的迟滞应符合详细规范要求。

6.7.2 试验方法

6.7.2.1 测试仪器

采用电压输出精度高于 0.1%和位移测量分辨率高于 0.1um 的迟滞徊线测试仪测试。

6.7.2.2 测试示意图

位移线性度测试系统示意图见图 4 所示：

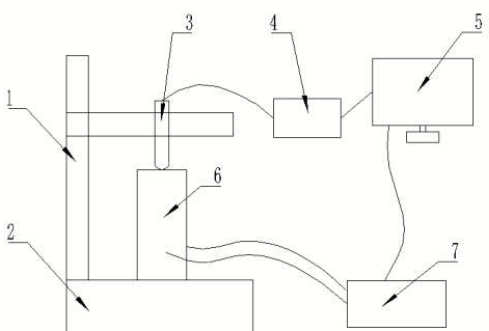


图 4 电子徊线测试系统示意图

6.7.2.3 测试方法

接图 4 要求连接测试系统。将样品垂直装载在测试平台的夹具上，按测微仪要求调整位移输出端与测微仪探头接触。将测试电压设置为被测样品的额定工作电压，升压及降压步距不大于标称电压的 10%，启动仪器，测试迟滞徊线如图 1 所示，按式 1 计算迟滞系数。

$$H=Ymax/\Delta L\cdot 100\% \quad \text{.....1}$$

式中：H—迟滞系数；Ymax—最大迟滞；ΔL—标称位移。

6.8 蠕变

6.8.1 要求

蠕变应符合详细规范要求。

6.8.2 试验方法

6.8.2.1 测试仪器

采用输出精度高于 0.1%的驱动电源和测量精度高于 0.1um 的测微仪测试。

6.8.2.2 测试方法

按 6.3.2.3 标称位移的测试方法测量，在额定工作电压下测试位移 ΔL 并记录升到额定电压的时间，观察位移的变化，除详细规范另有规定，记录 5 分钟和 20 分钟两档的位移 ΔL_1 和 ΔL_2，分别按式 2 和式 3 计算蠕变 CRE_1 和 CRE_2。

$$CRE_1=（\Delta L_1-\Delta L）/\Delta L\cdot 100\% \quad \text{.....2}$$

$$CRE_2=（\Delta L_2-\Delta L）/\Delta L\cdot 100\% \quad \text{.....3}$$

6.9 位移再现性

6.9.1 要求

位移再现性应符合详细规范的规定。

6.9.2 试验方法

测试仪表同 6.3.2.1；测试示意图同 6.3.2.2。按 6.3.2.3 规定测试标称位移，将驱动电压回零后的位移设为测微仪 0 点，将驱动电压升到标称驱动电压，记录标称位移。将驱动电压降为 0，记录残留位移，残留位移与标称位移之百分比为位移再现性。

6.10 位移非线性系数

6.10.1 要求

位移非线性系数应符合详细规范的规定。

6.10.2 试验方法

测试仪表同 6.7.2.1；测试示意图同 6.7.2.2；按 6.7.2.3 规定测试迟滞徊线，测量迟滞徊线范围内实际曲线与最大位移与最小位移的拟定直线之间的最大偏差值与标称位移，最大偏差值与标称位移的百分比。按式 4 计算位移非线性系数。

$$K=Smax/\Delta L \cdot 100\% \quad \text{.....4}$$

式中：K—位移非线性系数；Smax—最大偏差值；ΔL—标称位移。

6.11 绝缘电阻

6.11.1 要求

绝缘电阻应满足详细规范要求。按照欧姆定律计算式:R=U/I。

式中：R—绝缘电阻；U—测试电压；I—漏电流。

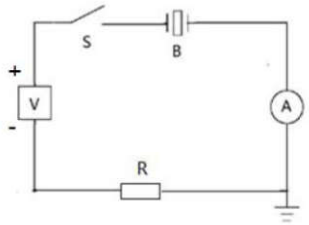
6.11.2 试验方法

6.11.2.1 测试仪器

采用输出精度高于 1%的驱动电源和测量精度高于 0.1uA 的数显测微仪测试。

6.11.2.2 测试电路

如图 5 所示：



V—直流电源　　A—电流表 S—开关

B—待测产品　　R—电阻（根据电源功率确定）

图 5 绝缘电阻测试电路

6.11.2.3 测试方法

按图 5 所示电路连接测试系统。断开开关，打开电流表及直流电源，将直流电源输出调节到额定电压。将样品装载到测试夹具上，接通开关，电流表稳定后读取绝缘电阻值。

6.12 引线焊接强度

6.12.1 要求

压电陶瓷致动器的引出导线应能承受不低于 2.5N/mm^2的垂直拉力，导线无松动或脱落。

6.12.2 试验方法

将导线固定到拉力计上，缓慢加力，加之 2.5N/mm^2时保持 5 秒钟，引线无损坏为合格，如有松动或脱落为不合格。

6.13 直流耐压

6.13.1 要求

除详细规范另有规定，样品在加载标称驱动电压的$\sqrt{2}$倍的直流电压下，保压 3 小时，应无打火及其他损坏，直流耐压试验后，样品的各项性能应符合详细规范要求。

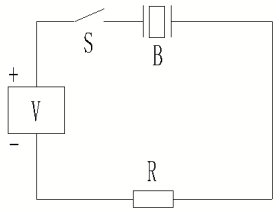
6.13.2 试验方法

6.13.2.1 测试仪器

采用输出精度高于 1%的直流电源试验。

6.13.2.2 测试电路

如图 6 所示：



V — 直流稳压电源　　S — 开关

B — 叠层式压电陶瓷致动器　　R — 电阻（根据电源功率确定）

图 6　耐压测试示意图

6.13.2.3 测试方法

按图 6 所示电路，连接测试系统。断开开关，打开电流表及直流电源，将直流电源输出调节到规定耐压，将样品装载到测试夹具上，接通开关，保压 3 小时，试验完毕，观察外观有无电弧或其它损伤，测试绝缘电阻及位移。

6.14 刚度

6.14.1 要求

刚度应符合详细规范的规定。

6.14.2 试验方法

6.14.2.1 测试仪器

用测力精度高于 1%的测力系统，位移测试精度高于 0.1μm 的刚度测试系统测量。

6.14.2.1 测试系统示意图

刚度测试系统示意图见图 7 所示：

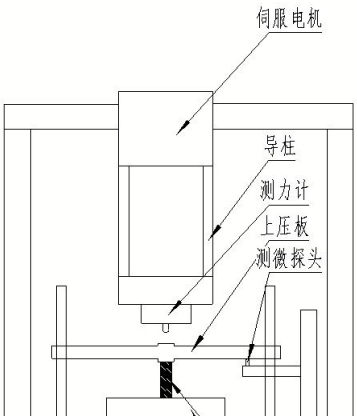


图 7　刚度测试系统示意图

6.14.2.3　测试方法

打开仪器预热，除非详细规范另有规定，测试压强采用 20MPa,按器件截面积计算测试力，设置测试力 F,先用测试力 F 测试系统形变,直接测试端上下两个表面对压,测试系统形变 ΔL_0,将被测样品放置在测试平台的测试位置，按下启动键，测量样品在测试压力作用下的形变 ΔL_1，按式 5 计算刚度 Kf。最终测试结果，按照三次测试取平均值。

$$Kf=F/(\Delta L_1-\Delta L_0)\ (N/\mu m) \quad \cdots\cdots 5$$

6.15　最大出力

6.15.1 要求

最大出力应符合详细规范的规定。

6.15.2　试验方法

6.15.2.1　测试仪器

用测力精度高于 1%的测力系统，位移测试精度高于 0.1μm 的刚度测试系统测量。

6.15.2.2 测试系统示意图

测试系统示意图见图 7 刚度测试系统示意图。

6.15.2.3　测试方法

打开仪器预热，将被测样品放置在测试平台的测试位置，将被测器样品与驱动电源相连接，加额定工作电压,并保压,测试 0 位移时的出力，该出力为最大出力。

6.16　高温

6.16.1 要求

样品在承受高温试验后，外观应符合6.2条要求，标称位移的变化率应小于5%。

6.16.2　试验方法

按GB 2423.2试验Bb进行，试验温度、持续时间和试验后恢复时间按详细规范的规定。

6.17　低温

6.17.1　要求

样品在承受低温试验后，外观应符合 6.2 条要求，标称位移的变化率应小于 5%。

6.17.2 试验方法

按GB 2423.1试验Ab进行，试验温度、持续时间和试验后恢复时间应符合详细规范的规定。

6.18 恒定湿热

6.18.1 要求

样品在承受恒定湿热试验后，外观应符合 6.2 条要求，标称位移的变化率应小于 5%。

6.18.2 试验方法

按 GB 2423.3 试验 Ca 进行，持续时间和试验后恢复时间应符合详细规范的规定。

6.19 高温负荷

6.19.1 要求

样品置 15MPa 预紧力夹具中，在详细规范规定的额定驱动电压、试验频率及试验时间作用下，能承受详细规范规定的温度，试验后标称位移的变化率，静电容量及绝缘电阻应符合详细规范要求。

6.19.2 试验方法

将样品装载到预紧力测试夹具内，将预紧力调试到 15MPa，将夹具放入烘箱，将样品的正负极引出线与驱动电源电压输出端的正负输出线对应连接。将烘箱温度升到详细规范规定的试验温度并保温。打开驱动电源，将驱动电压输出调节到额定工作电压及详细规范规定的试验频率，按详细规范规定的试验时间试验，试验完毕，测试标称位移的变化率，静电容量及绝缘电阻是否符合详细规范要求。

6.20 连续动态工作寿命

6.20.1 要求

除详细规范另有规定，样品置 15MPa 预紧力夹具中，在详细规范规定的标称驱动电压及试验频率作用下，能承受详细规范规定的试验时间，试验后标称位移的变化率应小于 5%，静电容量及绝缘电阻应符合详细规范要求。

6.20.2 试验方法

将样品装载到预紧力测试夹具内，将预紧力调试到 15MPa，将样品的正负极引出线与驱动电源信号输出端的正负输出线对应连接。开启驱动电源，将驱动电压输出调节到额定工作电压及详细规范规定的试验频率，按详细规范规定的试验时间试验，试验完毕，测试标称位移的变化率，静电容量及绝缘电阻是否符合详细规范要求。

7 检验规则

7.1 检验分类

致动器的检验分鉴定检验和质量一致性检验。

7.2 鉴定检验

7.2.1 概述

鉴定检验是对一种型号的若干样品进行的一系列完整的检验，其目的在于确定制造者是否有能力生产符合本规范和详细规范规定的产品。同时当主要设计、工艺、材料及零部件变更或停产后恢复生产时亦应进行。鉴定检验应采用正常生产使用的设备和加工工艺生产出来的样品，并在鉴定机构认可的试验室进行。

7.2.2 检验程序

鉴定检验的样品数和试验分组由表1给出。每组试验应按规定的顺序进行。

全部样品均应经受0组试验，然后分配到其他各组。

0 组的一只备份样品可用于代替0组中的不合格品，不合格的样品不得用于其他组试验。

表1 鉴定检验

试验分组	检验或试验项目	要求章条号	方法章条号	样品数	允许不合格数
0	外形尺寸	6.1.1	6.1.2.	10（含1只备份样品）	1
	外观质量和标志	6.2.1	6.2.2		
	标称位移	6.3.1	6.3.2		
	最大位移	6.4.1	6.4.2		
	谐振频率	6.5.1	6.5.2		
	静电容	6.6.1	6.6.2		
	迟滞	6.7.1	6.7.2		
	蠕变	6.8.1	6.8.2		
	位移再现性	6.9.1	6.9.2		
	位移非线性系数	6.10.1	6.10.2		
	绝缘电阻	6.11.1	6.11.2		
	引线焊接强度	6.12.1	6.12.2		
	直流耐压	6.13.1	6.13.2		
	刚度	6.14.1	6.14.2		
	最大出力	6.15.1	6.15.2		
1	高温	6.16.1	6.16.2	3	0
	低温	6.17.1	6.17.2		
	恒定湿热	6.18.1	6.18.2		
2	高温负荷	6.19.1	6.19.2	3	0

3	连续动态工种寿命	6.20.1	6.20.2	3	0

7.2.3 检验结果判定

鉴定检验不合格品数不超过规定的允许不合格品数时，鉴定检验合格。经鉴定检验的样品不得作为成品交货。

7.3 质量一致性检验

7.3.1 概述

质量一致性检验分逐批检验和周期检验。

7.3.2 逐批检验

7.3.2.1 检验批

检验批应由在相同条件下生产，并同时提交检验的相同型号元件的所有产品组成。

7.3.2.2 抽样方案

逐批检验按照GB/T 2828正常检验一次抽样方案，检验项目、顺序、检验水平及接收质量限（AQL）由表2 给出。

表2 逐批检验

序号	检验项目	要求章条号	方法章条号	检验水平	接收质量限AQL
1	外形尺寸	6.1.1	6.1.2.	S-2	0.65
	外观质量和标志	6.2.1	6.2.2		
2	标称位移	6.3.1	6.3.2	Ⅱ	0.65
3	位移线性度	6.4.1	6.4.2	S-2	1.0
	蠕变	6.5.1	6.5.2		
	谐振频率	6.6.1	6.6.2		
	静电容	6.7.1	6.7.2		
	绝缘电阻	6.8.1	6.8.2		
4	引线焊接强度	6.9.1	6.9.2	S-2	0.65
5	直流恒压试验	6.10.1	6.10.2	S-2	1.0

7.3.2.3 不合格

逐批检验时，如果检验不合格，制造方可剔除有缺陷的产品，并重新提交进行复检。复检批应采用加严检验，复检不合格不能超过2次，如附件2次都不合格，则该批产品判为不合格，不得再次提交验收。

7.3.3 周期试验

7.3.3.1 周期检验每 12 个月进行一次。在结构设计、主要工艺、主要材料改变或停产三个月以上又恢复生产时亦应进行。周期检验所需的样品应从同一周期生产的，经逐批检验合格的产品中随机抽取。周期检验的分组、检验项目及顺序应符合表 3 规定。

表3 周期检验

试验分组	检验或试验项目	要求章条号	方法章条号	样品数	允许不合格数
1	刚度	6.14.1	6.14.2	5	0
	最大出力	6.15.1	6.15.2		
	高温	6.16.1	6.16.2		
	低温	6.17.1	6.17.2		
	恒定湿热	6.18.1	6.18.2		
2	高温负载	6.19.1	6.19.2	3	
3	连续动态工作寿命	6.20.1	6.20.2	3	

7.3.3.2 周期检验不合格，应停止产品生产、验收和交货，并根据不合格原因，对材料和工艺采取纠正措施，直至新的周期检验合格后，才能恢复正常生产和交收。

7.3.3.3 经周期检验的样品不得作为合格品交货。

8 标志、包装、运输和储存

8.1 标志

产品上应清晰地标明制造厂商标、型号、生产日期，由于尺寸限制不能完整标志时，应按相应的详细规范的规定标志，但应在外包装上做完整的标志。

8.2 包装

8.2.1 产品的包装分内包装和外包装。

8.2.2 内包装

产品应排列整齐叠放并固定于内包装盒中，内包装盒应采用防震缓冲材料，并为防止元件变质和物理损伤提供足够的保护。内包装盒内只能装同一型号的产品，并应放上盖有质量部门印章的合格证。内包装盒上应标明：

a) 制造单位名称和商标；
b) 产品名称和型号；
c) 产品数量和生产日期；

8.2.3 外包装

外包装箱应符合防护要求，箱内壁应衬有防潮材料，空隙中用减振材料填塞。箱内应放有装箱单。装满元件的外包装箱重量不应超过20kg，包装箱上贮运标志应符合GB/T 191的规定，标明“怕雨”、“怕晒”“易碎物品”等标志。包装箱的外表应标明：

d) 制造单位名称和商标；
e) 产品的名称、型号、详细规范代号、数量；
f) 重量、外形尺寸；
g) 包装日期。

8.3 运输

装有产品的包装箱允许采用任何方式运输，但应避免雨雪的直接淋袭和机械损伤。装卸时不得抛掷。

8.4 储存

产品应储存在温度－10℃～＋40℃，相对湿度不大于80%的室内，并保持温度和湿度稳定。

不得将元件存放在有化学物质(酸、碱、盐基、有机气体、硫化物等)的环境中。

产品应在良好包装下遮光储存，不得散落。储存地点应设置衬垫物，不得将器件直接放置在地面上，以避免受潮和生锈。