
中国电子元件行业协会团体标准
《压电陶瓷叠层型致动器总规范》
(征求意见稿)
编制说明

2019 年 10 月

中国电子元件行业协会团体标准

《压电陶瓷叠层型致动器总规范》（征求意见稿）

编制说明

一、 工作简况

（一）任务来源、编制单位

本项目任务来源于中国电子元件行业协会“关于下达 2019 年第二批中国电子元件行业协会团体标准制定项目计划的通知”，计划编号为 YX201904007。本标准参与编制的单位有：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共 14 家单位。

本标准牵头单位是苏州攀特电陶科技股份有限公司，负责本标准相关资料的搜集和调研、标准框架编制、标准内容起草、反馈意见整理等工作；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负责验证试验、补充完善标准内容。

（二）主要工作过程

本标准任务下达后，苏州攀特电陶科技股份有限公司牵头组织对标准要求与框架进行确认，并在单位内部评审讨论后形成工作组讨论稿。

（三）主要参加单位和工作组成员及其所做的工作见下表1：

表1

序号	成员姓名	编制组成员单位	组内职务	职责
1	潘铁政	苏州攀特电陶科技股份有限公司	项目负责人	负责完成标准各阶段文件的编写、修改，标准项目计划的进度控制，以及与其他单位的沟通协调。
2	冯 杰	中国电子科技集团公司第二十六研究所	编制组成员	协助项目负责人完成标准各阶段文件的编写、修改，按期完成项目负责人分派的工作任务。
3	董显林	中科院上海硅酸盐研究所	编制组成员	
4	张火荣	浙江嘉康电子股份有限公司	编制组成员	
5	胡望峰	中船重工集团第 715 研究所	编制组成员	
6	姜知水	广东捷成科创电子股份有限公司	编制组成员	
7	孙兆海	淄博宇海电子陶瓷有限公司	编制组成员	
8	孙象勇	成都汇通西电电子有限公司	编制组成员	
9	王代华	重庆巅慧科技有限公司	编制组成员	
10	杨 明	江苏联能电子技术有限公司	编制组成员	
11	王安玖	贵州振华红云电子有限公司	编制组成员	
12	邵明春	寿光市飞田电子有限公司	编制组成员	
13	秦小勇	广东奥迪威传感科技股份有限公司	编制组成员	
14	朱惠祥	广州凯立达电子股份有限公司	编制组成员	

1. 资料收集和调研阶段

2018 年 12 月～2019年4月，开展资料搜集并着手研究。根据压电陶瓷叠层型致动器的特点及其主要应用领域，搜集、整理了一系列与其应用相关的标准信息、文献资料和相关网站技术信息，分析和归纳了影响其可靠性的相关应力及在应用中的应力剖面，进而明确了本标准的初步框架，确定对其在应用中可能遇到的应力类别，包括高温贮存、高温工作、温度循环、恒定湿热、跌落、冲击、振动、耐高电压、长期工作等应力，并针对其应力剖面提出标准要求，进而给出试验方法。

2. 标准草案形成阶段

2019 年 4 月~5 月,编写本标准的初稿。基于前期所确定的初步框架,通过内部充分讨论和研究分析,将其框架的内容作进一步细化和充实。首先将压电陶瓷叠层型致动器根据其装配方式、驱动方式、使用用途进行了分类,根据其产品的共性或非共性的性能或外观进行了技术指标的规定。

在本标准草稿形成阶段,主要参考了行业内领先的PI公司的规格书要求,结合了我们自身生产研究的一些经验,重点考虑产品的小位移大出力,以及位移控制精度高的特性、以及外形尺寸及试验方法等要求。

3. 工作组讨论稿形成阶段

2019 年 6 月中旬,形成了工作组讨论稿,并于 6 月 16 日进行了工作组讨论稿的审议,主要情况汇总如下:

- (1) 标准名称为《叠层型压电陶瓷致动器总规范》;
- (2) 定义范围中不包含金属封装以及应变计反馈;
- (3) 3术语和定义中3.6条迟滞回线改名为位移迟滞回线;
- (4) 3术语和定义中3.8条位移非线性系数改为了迟滞系数;
- (5) 3术语和定义中3.9回零性改为了位移再现性,内容变更为压点致动器升压至降为0是的残留位移的特性;
- (6) 3术语和定义中3.13动态响应改为了动态响应时间;
- (7) 4型号命名方法中附表端面状态及形状代码中,符号改为代号,意义改为了端面形状。
- (8) 4型号命名方法中额定工作电压改为标称驱动电压;
- (9) 6.2.2条增加放大镜倍率;
- (10) 6.3.2.3增加非接触式位移测试方法;
- (11) 6.5.2.1测试仪器阻抗分析仪或扫频仪;
- (12) 6.7.2.1增加非接触式测试方法;
- (13) 6.7迟滞改为迟滞回线。
- (14) 6.8.2.2统一讲Y0和Y1改为了 ΔL_1 、 ΔL_2 、 ΔL ,以及增加了测试时间5分钟和20分钟两个档位;
- (15) 6.9回零性改为位移再现性;
- (16) 6.10位移非线性系数增加图示,图1;
- (17) 6.11漏电流改名为绝缘电阻;
- (18) 6.12.1将8N附着力改为了 2.5N/mm^2 ;
- (19) 6.13.1中的额定电压改为标称驱动电压;
- (20) 6.14.2.3测试方法,增加三次测试取平均值的要求。

4. 工作组讨论二稿阶段（见附表3各编制单位主要修订内容）

2019 年 8月~10月，编制组对工作组讨论稿征求意见，广泛听取各编制单位意见，使本标准更加符合实际、更具可操作性。主要意见如下：

- （1） 广州凯立达电子股份有限公司对文件格式、图标及专业术语的使用提出了修改建议；
- （2） 中科院上海硅酸盐研究所对专业术语的使用提出提出了修改建议。

5. 2019 年 10 月 28 日，征求意见稿完成。

二、 标准编制原则和主要内容

1. 标准编制原则

为保证本标准的技术内容能适应国内对叠层型致动器的需求，并且能体现出标准的先进性、适用性和可操作性，结合国内该产品的研制生产状况以及国内标准化工作导则的相关要求，编制中遵循以下原则：

- a) 本标准属于原创标准，主要参考了国外 PI 公司的产品规格书，结合在叠层型压电陶瓷致动器制作和研究相关院校和生产企业的专家的意见及建议编写。
- b) 本标准及产品标准。编写中切实注意标准的可操作性，同时在编写中注意用字用词的统一性、规范性；
- c) 本标准编制符合 GB/T 1. 1-2009《标准化工作导则 第 1 部分：标准的结构和编写》，按标准制定的程序进行工作，广泛征求国内有关单位意见，保证技术内容正确、适用。
- d) 本标准及推荐性标准。

2. 主要内容（现行行业标准与本标准主要差异和对比）见下表 2：

表 2

序号	项目	现行行业标准	本标准	主要差异和对比
1	标准名称	无	《叠层型压电陶瓷致动器总规范》	新增
2	适用范围	无	致动器陶瓷件，不含金属封装及反馈	新增
3	外形尺寸	无	6. 1. 1	新增
4	外观质量及标志	无	6. 2. 1	新增
5	标称位移	无	6. 3. 1	新增
6	最大位移	无	6. 4. 1	新增
7	谐振频率	无	6. 5. 1	新增

8	静电容	无	6.6.1	新增
9	迟滞	无	6.7.1	新增
10	蠕变	无	6.8.1	新增
11	位移再现性	无	6.9.1	新增
12	位移非线性系数	无	6.10.1	新增
13	绝缘电阻	无	6.11.1	新增
14	引线焊接强度	无	6.12.1	新增
15	直流耐压	无	6.13.1	新增
16	刚度	无	6.14.1	新增
17	最大出力	无	6.15.1	新增
18	高温	无	6.16.1	新增
19	低温	无	6.17.1	新增
20	恒定湿热	无	6.18.1	新增
21	高温负荷	无	6.19.1	新增
22	连续动态工作寿命	无	6.20.1	新增
23	周期试验	无	7	新增
24	包装	无	8.2	新增
25	运输	无	8.3	新增
26	储存	无	8.4	新增

三、 主要试验（或验证）情况分析

产品摸底试验包括位移测试，容量测试，谐振频率测试、迟滞回线、绝缘电阻、刚度、最大出力、引线焊接强度试验、高温、低温、高温负荷以及连续动态工作寿命试验等，鉴于产品的应用要求和成本，不同的应用领域精密微动平台、工业设备、显微成像、汽车电子等

对叠层型压电陶瓷致动器的可靠性要求是不一样的。在产品使用过程中会面临振动、冲击、高温、低温、快速温度变化等多种应力影响，且可能会因为叠层压电陶瓷致动器故障引发事故，因此提出了适用于各领域的各等级可靠性考核试验方法的要求。

四、 标准中如果涉及专利，应有明确的知识产权说明

本标准中的产品不涉及专利。

五、 产业化情况

叠层型压电陶瓷致动器具有体积小、位移精度高、出力大、功耗小，响应速度快等特点，被广泛应用在汽车电子，精密控制，显微成像，以及医疗器械等行业中。但是由于我们国家起步比较晚，在叠层型压电陶瓷致动器的研发和生产上的经验短缺，以及缺乏行之有效的测试标准依据，导致各个公司有各有各的测试规格书及测试标准，行业内没有形成统一标准。不能将产品标准化生产、测试、及使用。阻碍了整个产业链发展。

信息产业部十一五计划以及 2020 年中长期计划纲要明确规定，要努力发展片式化、微型化、薄型化、高频化、高精度、低功耗、多功能、复合化、组件化、模块化、智能化等特性的新型电子器件，来满足整机发展的要求。推动叠层型压电陶瓷致动器的行业发展，必须有一个统一的且行之有效的行业标准，来提高产品的制作水平以及可靠性，更好的来满足未来市场的需求。本规范结合了国内高校以及行业内生产和制作以及应用的专家意见及建议，参考了国外先进生产企业的产品规范，草拟了初步的规范，再经过专家组的评审制定关于叠层型压电陶瓷致动器的总规范，希望能推动这个产业的技术的升级及可靠性的改善，最终使产品得到市场的认可。

六、 采用国际标准和国外先进标准情况

本标准原创标准, 暂无可供参考的国际标准, 综合了德国 PI 公司以及日本 NEC 等行业内领先企业的规格书, 又根据了国内实际的产业状况以及产业需求进行了标准的起草, 结合了行业内各相关企业的专家意见形成了这次标准的初稿。

七、 与相关国家标准、行业标准及其他标准，特别是强制性标准的协调性

本标准按照 GB/T 1.1-2009《标准化工作导则 第 1 部分：标准的结构和编写》格式进行编制；本标准中的试验方法采用 GB/T 2423《电工电子产品基本环境试验》。与现行标准相协调。

经标准编制组查询，没有同类国家标准或行业标准。

八、 重大分歧意见的处理经过和依据

本标准编制过程中无重大分歧意见。

九、贯彻标准的要求和措施建议（包括组织措施、技术措施、过度办法等）

压电陶瓷叠层型致动器，具有精确位移控制，控制精度可达纳米级，以及大出力被广泛应用于各行各业的执行机构产品中。产品主要使用于医疗、航空航天、纳米定位、光学、通讯及交通等应用领域。建议本标准早日发布实施。本标准颁布实施后，在适当的时候进行必要的修订，以更好地满足各方的实际使用要求。

十、其它应予说明的事项

无

十一、工作组各单位提出的主要修订内容（附表 3）

表 3

序号	编制单位	主要意见	修订意见	意见说明
1	广州凯立达电子股份有限公司	1、P4： 6. 3. 2. 2 测试示意图 标称位移测试系统示意图见图 1 所示： 6. 3. 2. 3 测试方法 接图 1 要求连接测试系统。 应改为图 2	已更改	同意
		2、P5： 6. 4. 1 试验方法 测试仪表同 6.3.3.1；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。 标准中没有 6.3.3.1，应改为 6.3.2.1	已更改	同意
		3、P5： 6. 7. 2. 2 测试示意图 位移线性度测试系统示意图见图 2 所示：	已更改	同意

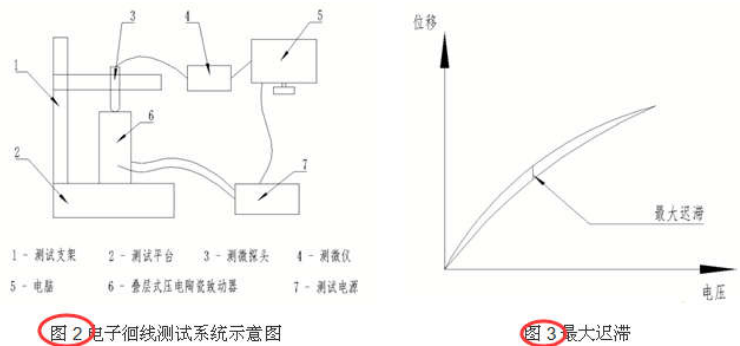


图 2 前文中已有，应当为图 3 和图 4，对应图也应进行更改。

4、P6：6.7.2.3 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，测试迟滞回线如图 3 所示，根据迟滞回线测量上下磁滞曲线的最大位移差，按式 1 计迟滞。

图 3 和图 4 请再核实。

5、P7：6.11.2.2 测试电路

已核实并更改

同意

已更改

同意

如图 4 所示:

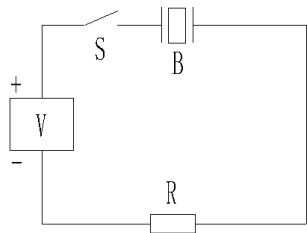
6. 11. 2. 3 测试方法

按图 4 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，电流表稳定后读取漏电流值。

上述文中的图 4 应改为图 5.

6、6. 13. 2. 2 测试电路

如图 5 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 5 耐压测试示意图

6. 13. 2. 3 测试方法

	接图 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。 上述文中的图 5 应改为图 6。 后文中图 6 7、P9：6. 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 3 计算刚度 Kf。最终测试结果，按照三次测试取平均值。 $Kf=F/(\Delta L_1-\Delta L_0) \text{ (N/}\mu\text{m)} \dots\dots\dots 3$ 式 3 应改为式 4. 8：P11:表一鉴定试验中的检验或试验项目中 6. 9 回零性与前文中 6. 9 位移再现性不一致； 6. 11 漏电流与前文中 6. 11 绝缘电阻不一致； 9、P12:表 2 逐批检验标准位移和直流恒压试验没有接收质量限 AQL;且直流恒压试验，且位移	已更改 已更改 已添加并更改	同意 同意 同意
--	---	-------------------------------------	-------------------------------

		线性度、漏电流、直流恒压试验与前文中不一致。 10、P13: 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。 此项建议加上新品研发产品。 11、讨论：对于高温、低温、恒定湿热及高温负荷试验能否统一规定试验条件？	10. 新品研发产品采用的是鉴定试验。 11. 关于高温、低温、恒定湿热及高温负荷试验的试验条件是否能统一规定试验条件，在本规范内是无法规定的，致动器的实际使用环境温湿度的要求是多种多样的，只能由详细规范去做限定。	不采纳 协商
2	中科院上海硅酸盐研究所	1、3.6 迟滞 <i>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，迟滞的大小用升压与降压位移曲线上相同电压输出位移的最大偏差与满量程位移之比的百分数表示。</i> 满量程位移概念不明确，改为“标称位移”。“迟滞的大小”应改为“最大迟滞”。 2、3.8 迟滞系数 <i>叠层型压电陶瓷致动器的迟滞曲线与拟定直线之间的最大偏差值与最大位移的百分比。</i> 这个说法还请再斟酌一下，根据 J Electroceram (2007) 19:111–124，以及通常认为的应变滞后度，是否改为最大应变滞后值（升压与降压位移曲线上相同电压输出位移的最大偏差）与标	已更改 2. 部分采纳，迟滞系数是一偏差值与标称位移的比值。	同意 协商

	称位移的比值比较好？其实就是上文的最大迟滞。 3、3.14 连续动态工作寿命 <i>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寿命。</i> “工作次数”应改为“工作时间”。	已更改	同意
	4、6.3.2.1 测试仪表 <i>采用输出电压精度高于 0.1% 的驱动电源和测量分辨率高于 0.1um 的测微仪测试。</i> 测量分辨率改为“位移测量分辨率”。	已更改	同意
	5、6.3.2.3 测试方法改为试验方法	已更改	同意
	6、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。 1KHz 改为 1kHz	已更改	同意
	7、第六页图 2，图 3 应该为图 3，图 4	已更改	同意
	8、6.7.2.3 测试方法	已更改	同意

	<i>根据迟滞回线测量上下磁滞曲线的最大位移差</i> 磁滞曲线应改为“迟滞曲线”。 公式 1 中的满量程位移改为“标称位移”，H 因为最大迟滞 9、位移再现性是一种现象还是数值，请再斟酌。 10、标准中出现三个概念，最大滞后、迟滞系数与位移非线性系数，请认真思考各自区别。该标准中的迟滞系数和位移非线性系数计算方法一样。 11、6.19.1 <i>样品置 15MPa 预紧力夹具中，在详细规范规定的额定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，静电容量及漏电流应符合详细规范要求。</i> 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，静电容量及漏电流应符合详细规范要求。 12、6.20.1 试验次数改为“试验时间”。	从定义上我们认为是数值。 最大迟滞在迟滞系数中有了定义，是迟滞回线中上升沿与下降沿的最大偏差；迟滞系数是最大偏差与标称位移的比值的百分比。位移非线性系数，增加了名次解释，上升沿或者下降沿与拟定曲线的最大偏差与标称位移的比值的百分比，计算公式与迟滞系数计算公式类似。 已更改 已更改	同意 协商 同意 同意
--	--	--	---