

V21版



压电 纳米 运动

哈尔滨芯明天科技有限公司
Harbin Core Tomorrow Science & Technology Co.,Ltd.

企业简介

哈尔滨芯明天科技有限公司专注于纳米级精密定位产品的研发、生产和销售，主要服务于制造高端精密设备的客户。经过10多年的快速发展，公司产品已100%覆盖全国高校、科研院所以及高端精密设备制造企业，并远销欧、美、日、韩等国家。芯明天与众多高科技企业、国家重点实验室建立了合作伙伴关系，已经成为中国最专业的精密定位产品生产厂商。

芯明天拥有专业的技术研发团队、雄厚的研发实力、先进的生产测试设备，定制化产品可实现1~4周快速供货。公司已取得国家高新技术企业认定，并通过了ISO9001:2015质量管理体系认证、欧盟CE、RoHS认证，具有完善的质量管理体系，且研发实力雄厚，拥有专利50多项，包括发明专利、实用新型专利、外观专利、软件著作权等，涵盖了精密定位、检测、传感、控制、软件等精密定位方面的关键技术。

芯明天为国内外客户提供精密定位技术解决方案及系列化产品，可实现亚纳米级分辨率及纳米级定位精度。产品主要包括压电材料、压电陶瓷片、叠堆压电陶瓷、精密压电促动器、压电马达、压电直线电机、1至6维纳米精度定位台/扫描台/位移台、1至3维纳米精度偏转台/旋转台/压电偏转镜、压电物镜定位器、六自由度并联机构、压电陶瓷驱动电源、压电陶瓷驱动器/控制器、电感/电容/激光测微仪等系列产品，同时我们提供压电点胶阀等压电产品的维修服务。

目前公司产品已广泛应用于半导体技术、光电子、通信与集成光学、光学仪器设备、医疗生物显微设备、生命科学、精密加工设备、新药设计与医疗技术、数据存储技术、纳米技术、纳米制造与纳米自动化、航空航天、图像处理等领域。芯明天正在为中国的工业自动化、国防、航天等事业的发展贡献着自己的一份力量。

聚焦纳米科技产业发展，以拥有自主知识产权的精密定位技术为基础，广泛汲取国际先进技术经验、开拓创新，不断突破行业技术壁垒，为国内外客户提供个性化解决方案，协助客户攻克技术难题，实现企业价值与客户价值的共同提升。

2012

获得国家高新技术企业认定、哈尔滨政府重点支持企业、电子信息产业联盟会员单位、科技创新优秀企业和经济发展突出贡献奖等殊荣。

2010

发明专利30余项；北上广深参展十余次；产品推向全国，并打破进口市场垄断。

2010

2011

2008

直线压电纳米定位产品达到国际水平，且可与国际产品兼容。

2008

2009

2009

压电控制器与快速偏转镜达到国际水平；加强国际合作，推出国际贸易业务，并开展进口压电产品维修服务。

2003-2007

创始人在哈工大公司开展压电纳米系统工作。

2003-2007

2007

2007

芯明天公司成立，专注压电纳米定位系统研发、生产与销售。

精彩待续.....

2018

小型化控制器
自我革命。

2018

2017

2017

连续十年中国压电纳米定位领导品牌，认知度达10余万人；压电偏转镜系统随“实践十三号”卫星发射太空并运转良好，并实现高轨卫星激光通信实验；通过ISO9001质量管理体系认证。

2016

2015

2015

发布军品级压电定位系统并广泛应用于军工、国防领域,推出粗、精调复合运动产品及压电马达。

2016

累计服务全国客户3000余家；产品全面升级，并推出几十款小体积、工业化产品。

2014

压电定位产品在半导体、光学检测、超精密激光加工等工业领域取得全面应用突破。

2014

2013

2013

产品覆盖全国几百家高校和科研院所，工业公司型客户突破一百家。

2012

2011

压电偏转镜系统随“海洋二号”卫星发射太空并运转良好，并实现低轨卫星激光通信实验；航天级压电定位系统面市；推出压电产品测试服务。



我们是一个努力奋斗、勇于创新团队，专注于纳米运动与测量控制产品的研发与生产。

我们真诚地为每一个用户服务，为满足您的需求全力打造精益求精的产品。

我们的产品将会是您最佳的选择，我们的承诺就是我们的使命！

我们正努力建设的“芯明天”



部分典型历史客户

历史客户

科研院所型



中物院



中国航天
CASC



中国电子科技集团



中国科学院
CHINESE ACADEMY OF SCIENCES



中国兵器



中船重工

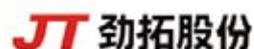


中国计量院



中国医学科学院

公司型

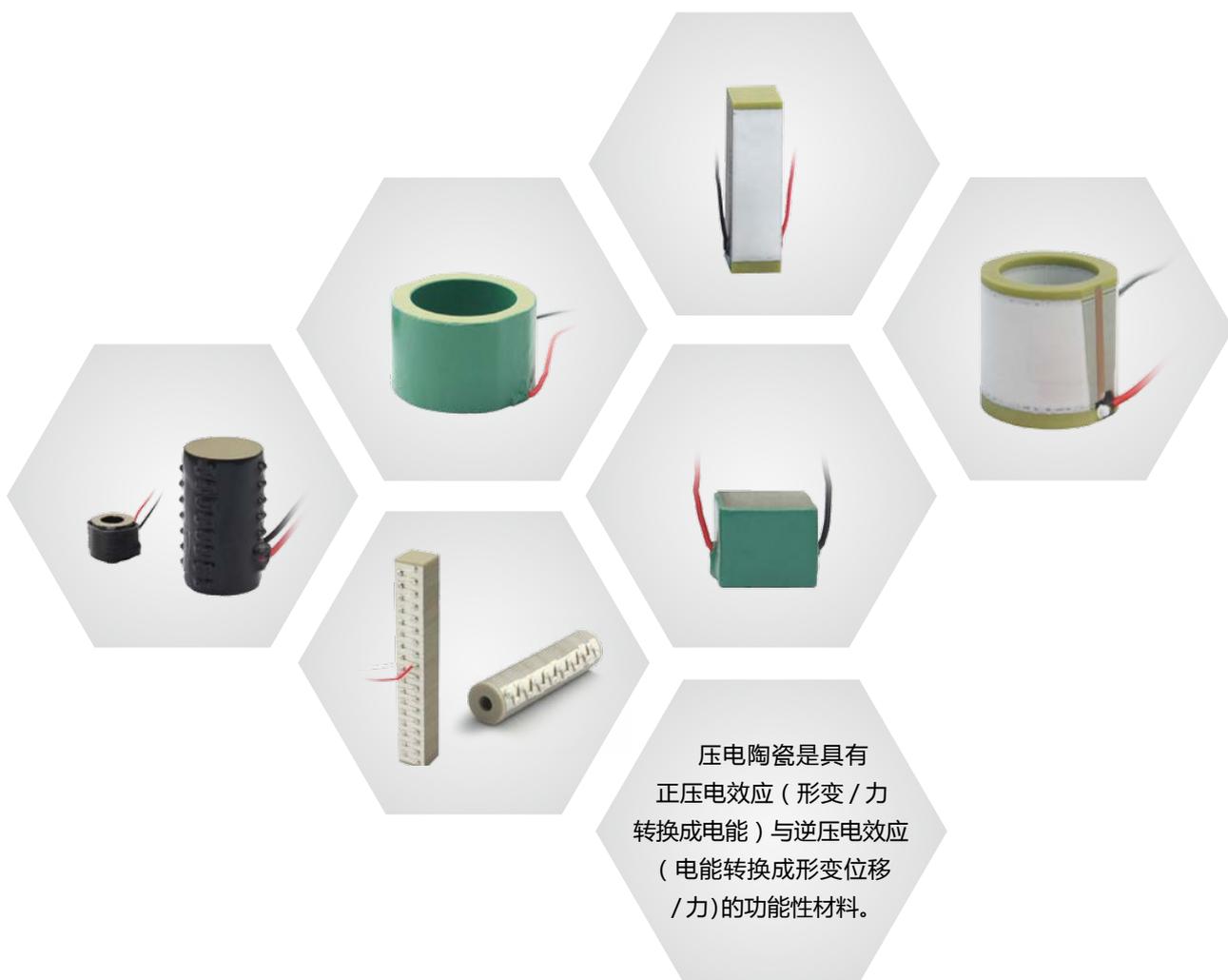


高校型

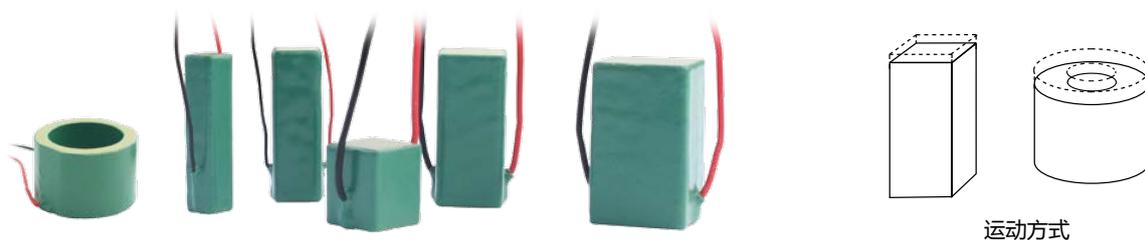


* 以上为部分历史客户，单位排序不分先后。

压电陶瓷系列



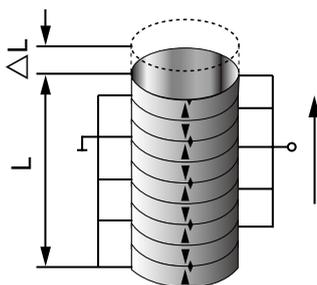
低压共烧压电叠堆陶瓷



低压叠堆共烧工艺压电陶瓷具有优异的性能及超长使用寿命，适用于科学实验以及工业应用。叠堆压电陶瓷包含方形及环形两种外形结构，多种尺寸及位移可满足不同应用的需求。特殊的绝缘材料确保在严苛的条件下动态性能最大输出。压电陶瓷体积小，易集成。

► 工艺结构

叠堆压电陶瓷为多层共烧压电陶瓷，由陶瓷层与电极层堆叠共烧而成，结构图如下：



► 工作温度范围

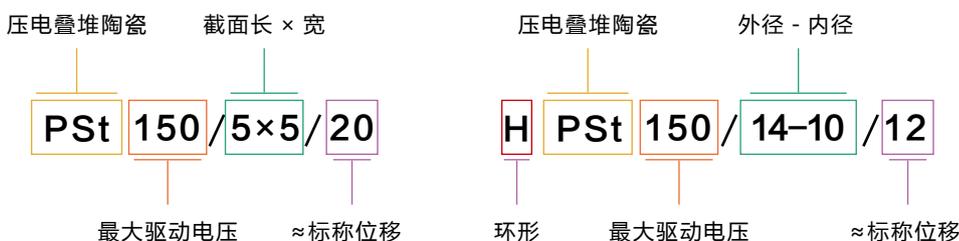
使用温度：-25℃ ~ +80℃（具体取决于树脂）
 超过 100℃，PZT 性能可逆性降低
 超过居里温度压电陶瓷将永久性退极化

► 树脂外衣类型

芯明天压电叠堆陶瓷具有多种树脂外衣类型，标准产品一般为绿色或灰色树脂，低温真空使用应选择黑或灰色树脂型压电叠堆陶瓷。

类型	树脂层厚	工作温度	树脂特点
绿色树脂压电陶瓷	0.5mm	-25℃ ~ +80℃，更低温度使用时，树脂层会开裂	具有保护作用，可有效防止受潮及轻微撞击等
灰色树脂压电陶瓷	50μm	-25℃ ~ +80℃，耐高温可达 -273℃，但性能会大幅降低，约为室温下的 10%	可在真空低温环境使用，但需更换真空兼容型引线
黑色树脂压电陶瓷	约 50μm	-273℃ ~ +80℃，性能会降低，约为室温下的 10%	专为超低温真空使用

► 型号解读



► 应用

- 激光腔调谐
- 移相器
- 精密定位
- 点胶阀
- 光纤拉伸
- 主动振动控制

方形低压压电叠堆陶瓷



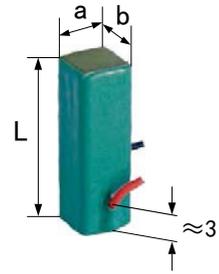
灰色树脂型



绿色树脂型



双侧球头型（焊线机线夹专用）



▶ 技术参数

型号	尺寸 a×b×L ^[1] [mm]	最大 / 标称位移 [μm]±15% ^[2]	静电容量 [μF]±20%	刚度 [N/μm]±10%	谐振频率 [kHz]	最大推力 [N]	重量 [g]±5%
PSt 50/1.2×1.2/1.7	1.22×1.3×1.7	1/0.8	0.045	50	100	80	0.09
PSt 100/1.65×1.65/5	1.66×1.72×5	4/3.2	0.090	30	50	120	0.48
PSt150/2×3/5	2×3×5	6.5/5	0.07	45	150	300	1
PSt150/2×3/7	2×3×9	13/9	0.17	25	100	300	0.6
PSt150/2×3/10	2×3×10	13/9	0.18	22	100	300	0.7
PSt150/2×3/20	2×3×18	28/20	0.47	12	50	300	1.2
PSt150/3.5×3.5/7	3.5×3.5×9	13/9	0.35	50	100	800	1.05
PSt150/3.5×3.5/20	3.5×3.5×18	28/20	0.8	25	50	800	2.1
PSt150/5×5/7	5×5×9	13/9	0.8	120	100	1600	2
PSt150/5×5/20H	5×5×18	28/20	1.8	60	50	1600	3.8
PSt150/5×5/20L	5×5×18	28/20	1.8	60	50	1600	4.1
PSt150/5×5/20	5×5×20	28/20	1.5	60	50	1600	4.1
PSt150/7×7/7	7×7×9	13/9	1.8	240	100	3500	3.8
PSt150/7×7/20	7×7×18	28/20	3.6	120	50	3500	8
PSt150/10×10/7	10×10×9	13/9	3.6	500	100	7000	8.1
PSt150/10×10/20	10×10×18	28/20	7.2	250	50	7000	14.8
PSt150/14×14/20	14×14×18	28/20	14.5	500	47	15000	31.3
PSt150/25×25/15	25×25×20	19/15	30.5	1000	50	25000	109.55
双侧球头 01, OE7200, 72-50195	5×5×18	28/20	1.8	60	50	1600	3.8
双侧球头 02	5×5×27	42/30	2.6	40	30	1600	5.7

注：标准引线中红线为正极；PSt50 与 PSt100 系列红线为负极。

[1] 陶瓷尺寸不包含树脂的尺寸，灰色树脂单侧厚度为 50μm，绿色树脂单侧厚度为 0.5mm，出线处尺寸单侧 +1mm，公差 ±0.2mm。高度公差为 +/-0.05mm。

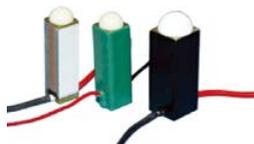
[2] PSt150 系列标称位移是在 0~150V 驱动电压下的位移行程，最大位移是在 -30V~150V 驱动电压下的位移行程，对于高可靠的长期使用，建议驱动电压在 0~120V。PSt50 系列最大位移是在 0~50V 驱动电压下的位移行程，PSt100 系列最大位移是在 0~100V 驱动电压下的位移行程。



灰色低温真空型



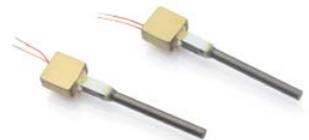
黑色低温真空型



可选球头转接



压电陶瓷粘接镜片效果



相机防抖专用

环形低压压电叠堆陶瓷



▶ 技术参数

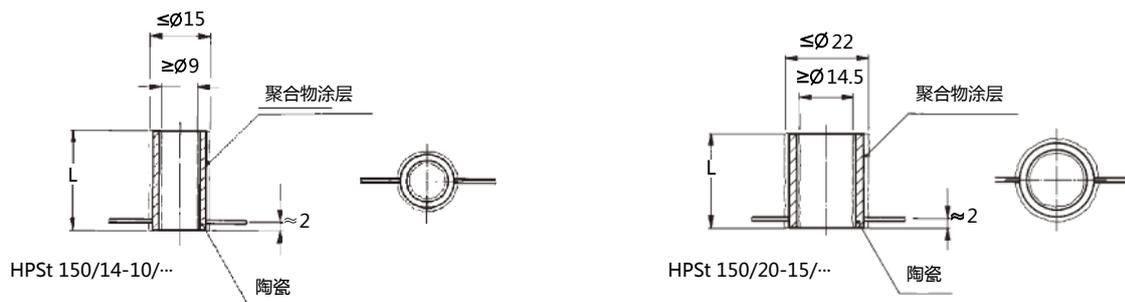
型号	陶瓷尺寸 ^[1] OD-ID/L [mm]	最大 / 标称位移 ^[2] [μm]±15%	静电容量 [μF]±20%	刚度 [N/μm]±10%	谐振频率 [kHz]	推力 [N]
HPSt150/14-10/12	14-10/13.5	16/12	2.6	250	75	4500
HPSt150/14-10/25	14-10/27	32/25	5.2	120	22	4500
HPSt150/20-15/12	20-15/13.5	16/12	5	450	75	8000
HPSt150/20-15/25	20-15/27	32/25	10	230	22	8000
HPSt150/20-15/40	20-15/40.5	50/40	15	150	15	8000

注：标准引线中红线为正极。

[1] 陶瓷尺寸不包含树脂的尺寸，灰色树脂单侧厚度为 50μm，绿色树脂单侧厚度为 0.5mm，出线处尺寸单侧 +1mm，公差 ±0.2mm。高度公差为 +/-0.05mm。

[2] HPSt150 系列标称位移是在 0~150V 驱动电压下的位移行程，最大位移是在 -30V~150V 驱动电压下的位移行程，对于高可靠的长期使用，建议驱动电压在 0~120V。

▶ 尺寸图



▶ 安装固定方式

可使用环氧树脂胶进行压电叠堆陶瓷的粘接固定，注意胶层一定要薄，且不能涂到压电叠堆陶瓷的侧面。芯明天可提供该粘合剂，如下图所示。



▶ 应用案例

- 光纤拉伸
- 主动振动控制
- 变形镜
- 微操作
- 振动源
- 精密定位
- 激光腔调谐
- 点胶阀
- 压电钳

▶ 推荐压电控制器

E01.A3	E52	E53
1~3 路输出 模拟、上位机通信 开环 平均电流 291mA/58mA	1 路输出 模拟控制 开环 平均电流 300mA	1 路输出 模拟控制 开环 平均电流 60mA
注：详细参数见“压电陶瓷控制器系列”。		

高压压电叠堆陶瓷



运动方式

高压叠堆压电陶瓷是将单层压电陶瓷片与金属电极层交替叠堆粘接而成，标准驱动电压为 0~500V、0~1000V，高压叠堆陶瓷因其出力大、静电容量低等特点，非常适用于大负载以及加载预载力后的动态应用。

► 特点

- 出力大
- 动态性好
- 驱动电压 500V 或 1000V
- 单层陶瓷厚度：0~0.5mm
- 静电容量 /cm³：100nF
- 热膨胀系数：+2ppm/°C

► 工艺结构

高压压电陶瓷是将单层压电陶瓷片与金属片电极层交替进行堆叠粘接。相较于低压压电陶瓷，相同体积，静电容量比较低，在预载力的条件下动态性能更好。



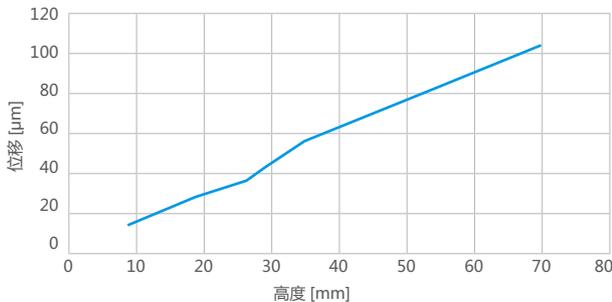
工作温度可高达 200°C

► 推荐压电控制器

E00/E01 系列压电控制器可输出 0~1800V 高压范围，非常适于驱动高压压电叠堆陶瓷。



► 高度与位移关系



► 应用案例

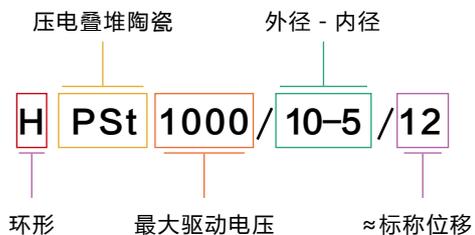
纳米定位 • 主动振动控制 • 隔震平台 • 半导体加工测试
光学调整 • 腔调谐

► 材料参数

参数	标准材料 HS/HT	定制材料 HP	
相对介电常数 ϵ_{ref}	1850	3800	
损耗因数 10^{-4}	130	160	
耦合因数	K_p	0.62	0.65
	K_{31}	0.34	0.38
	K_{33}	0.72	0.74
压电系数 pm/V	d_{31}	-190	-275
	d_{33}	440	680
弹性柔顺常数 $10^{-12}m^2/N$	S_{33}^E	18.5	15.8
	S_{11}^E	20.7	23
频率常数 m/s	径向	2020	1960
	厚度	2030	1885
	横向	1325	1420
	纵向	1250	1190
质量因数 (谐振)	80	80	
密度 g/cm ³	7.74	7.83	
居里温度 °C	340	215	
最高工作温度 °C	200	90	
比热容 Ws/°K kg	380	380	
热传导率 Ws/m-K(轴向)	ca. 1.5	ca. 1.5	

注：以上参数会随工作电场的变化发生显著变化。

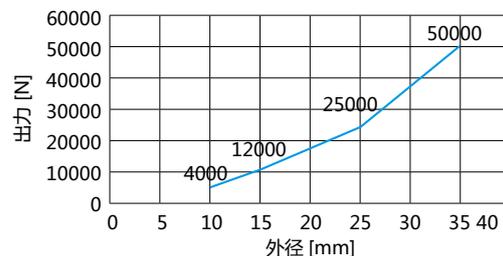
► 型号解读



柱形高压压电叠堆陶瓷



出力与外径关系

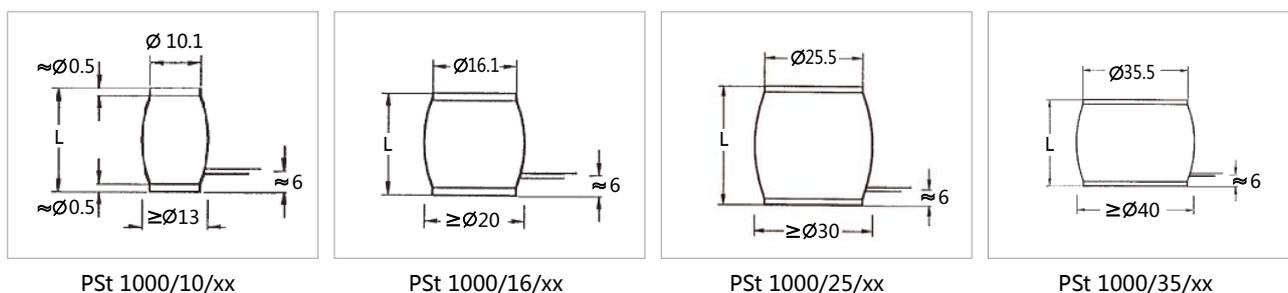


▶ 技术参数

型号	最大 / 标称位移* [μm]±15%	长度 L [mm]	静电容量 [nF]±20%	刚度 [N/μm]±10%	谐振频率 [kHz]	推力 [N]
PSt 1000/10/7	12/7	9	20	300	60	4000
PSt 1000/10/20	24/18	18	45	150	40	4000
PSt 1000/10/25	35/25	27	85	100	30	4000
PSt 1000/10/40	55/40	36	110	75	25	4000
PSt 1000/10/60	80/60	54	170	50	20	4000
PSt 1000/10/80	105/80	72	220	35	15	4000
PSt 1000/16/7	12/7	9	60	800	60	12000
PSt 1000/16/20	27/20	18	150	400	40	12000
PSt 1000/16/40	55/40	36	360	200	25	12000
PSt 1000/16/60	80/60	54	540	120	20	12000
PSt 1000/16/80	105/80	72	720	90	15	12000
PSt 1000/25/7	12/7	9	140	1800	60	25000
PSt 1000/25/20	27/20	18	350	900	40	25000
PSt 1000/25/40	55/40	36	800	450	25	25000
PSt 1000/25/60	80/60	54	1250	300	20	25000
PSt 1000/25/80	105/80	72	1700	200	15	25000
PSt 1000/35/7	12/7	9	300	4000	60	50000
PSt 1000/35/20	27/20	18	800	2000	40	50000
PSt 1000/35/40	55/40	36	1600	1000	25	50000
PSt 1000/35/60	80/60	54	2500	600	20	50000
PSt 1000/35/80	105/80	72	3300	450	15	50000

*PSt1000: 标称位移是在 0~1000V 驱动电压下的位移行程, 最大行程是在 -200V~1000V, 对于高可靠的长期使用, 建议驱动电压在 0~800V。

▶ 尺寸图



环形高压压电叠堆陶瓷

压电陶瓷系列



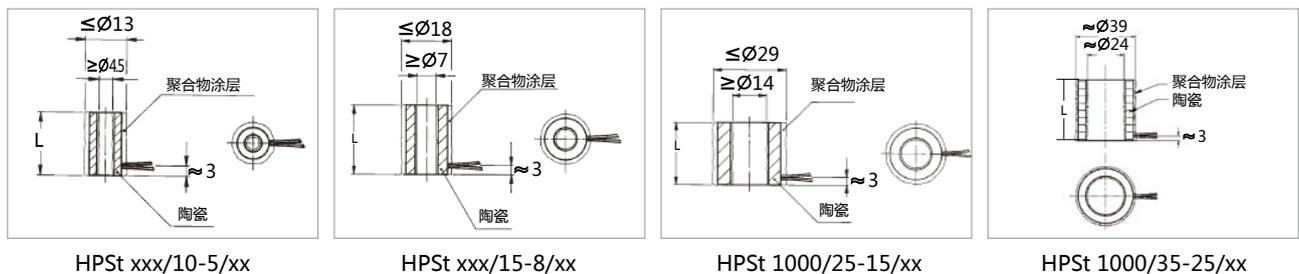
► 技术参数

型号	最大 / 标称位移* [μm]±15%	长度 L [mm]	静电容量 [nF]±20%	刚度 [N/μm]±10%	谐振频率 [kHz]	出力 [N]
HPSt500/10-5/7	12/7	9	65	200	40	2800
HPSt500/10-5/15	25/17	18	180	100	25	2800
HPSt500/10-5/25	35/25	27	260	70	20	2800
HPSt1000/10-5/7	12/7	9	15	210	50	2800
HPSt1000/10-5/20	25/17	18	40	110	35	2800
HPSt1000/10-5/25	35/25	27	65	75	25	2800
HPSt1000/10-5/40	55/40	36	90	55	20	2800
HPSt1000/10-5/60	80/60	54	140	35	15	2800
HPSt500/15-8/7	12/7	9	140	550	40	4000
HPSt500/15-8/20	27/20	18	360	280	25	4000
HPSt500/15-8/25	35/25	27	520	180	20	4000
HPSt500/15-8/40	55/40	36	720	130	15	4000
HPSt500/15-8/60	80/60	54	1100	90	12	4000
HPSt500/15-8/80	105/80	72	1500	60	10	4000
HPSt1000/15-8/7	12/7	9	35	600	50	4000
HPSt1000/15-8/20	27/20	18	90	300	35	4000
HPSt1000/15-8/25	35/25	27	130	200	25	4000
HPSt1000/15-8/40	55/40	36	180	150	20	4000
HPSt1000/15-8/60	80/60	54	270	100	15	4000
HPSt1000/15-8/80	105/80	72	360	70	12	4000
HPSt1000/25-15/7	12/7	9	85	1200	50	13000
HPSt1000/25-15/20	27/20	18	210	600	35	13000
HPSt1000/25-15/25	35/25	27	310	400	25	13000
HPSt1000/25-15/40	55/40	36	420	300	20	13000
HPSt1000/25-15/60	80/60	54	650	180	15	13000
HPSt1000/25-15/80	105/80	72	900	130	12	13000
HPSt1000/35-25/7	12/7	9	120	2000	50	20000
HPSt1000/35-25/20	27/20	18	300	1000	35	20000
HPSt1000/35-25/25	35/25	27	450	700	25	20000
HPSt1000/35-25/40	55/40	36	600	500	20	20000
HPSt1000/35-25/60	80/60	54	900	350	15	20000
HPSt1000/35-25/80	105/80	72	1300	250	12	20000
HPSt1000/35-25/100	130/100	90	1800	160	10	20000

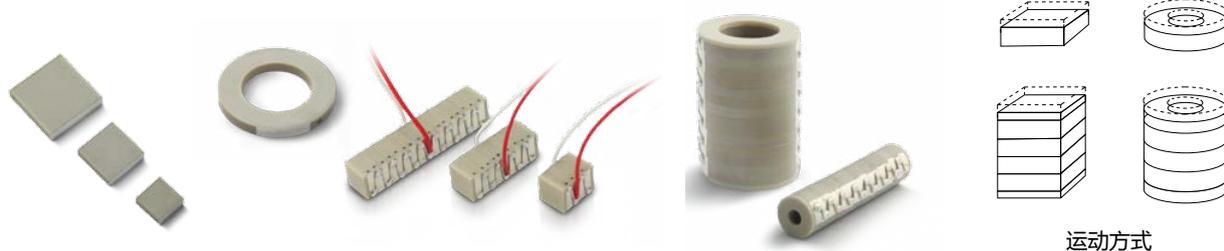
*HPSt500: 标称位移是在 0~500V 驱动电压下的位移行程, 最大行程是在 -100V~500V, 对于高可靠的长期使用, 建议驱动电压在 0~400V。

HPSt1000: 标称位移是在 0~1000V 驱动电压下的位移行程, 最大行程是在 -200V~1000V, 对于高可靠的长期使用, 建议驱动电压在 0~800V。

► 尺寸图



低压压电叠堆陶瓷片 / 堆栈

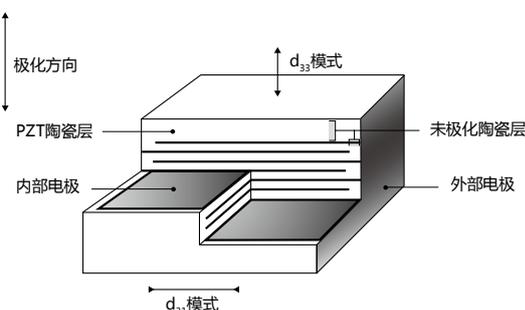


运动方式

片状压电陶瓷是标准厚度为 2mm 的方片或环片。单片最大位移可达 3.3 μm。

堆栈式压电陶瓷是通过将多片压电陶瓷片进行叠堆、焊接公共电极后使用，高度自由选择，叠堆后的位移为每片位移的总和，最大可达 326.7μm。

► 工艺结构



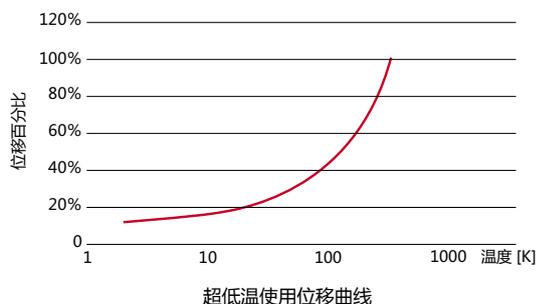
► 高频工作

高频使用需注意：

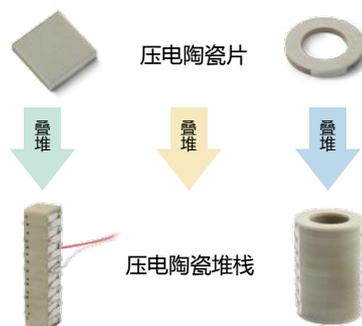
- 1) 高频使用时压电陶瓷堆栈自身会发热，达到 150°C 以上时，电极会脱落。
- 2) 高加速度会对引线产生机械力。可选择合适的电连接（如导电胶）。
- 3) 高频使用会对压电陶瓷堆栈产生拉力，需对压电陶瓷堆栈增加预紧力。预载力取决于应用，但通常为 5-10MPa 压力。
- 4) 高频使用要求大电流。需要确保引线可以工作在所要求的电流范围。标准引线可承受电流最高 1.4A。

► 工作温度

压电陶瓷堆栈致动器的正常工作范围非常宽，约为 4mK 至 470K (200°C)，高温使用超过 150°C 时，电极可能会脱落。在低温环境使用时，压电陶瓷的性能将降低，约为室温下的 10% 左右，低温下动态使用时，需更换低温引线。



► 压电陶瓷堆栈



注：堆栈上下面各增加一片 1mm 厚的陶瓷绝缘片。

以 NAC2013 为例：

	NAC2013	位移：3.3μm	厚度：2mm
	NAC2013-H04	位移：3.3μm	厚度：4mm
	NAC2013-H06	位移：6.6μm	厚度：6mm
	NAC2013-H08	位移：9.9μm	厚度：8mm
	NAC2013-H10	位移：13.2μm	厚度：10mm
⋮	以此类推	⋮	⋮

► 高频工作时所需功率 / 电流的计算

压电陶瓷堆栈只有在动态操作时要求功率 / 电流。放大器输出电流和上升时间决定压电陶瓷堆栈的最大工作频率。

正弦驱动平均电流： $I_{ave} = f \times C \times U_{p-p}$ ，正弦操作峰值电流： $I_{max} = \pi \times f_{max} \times C \times U_{p-p}$ ，其中： I_{ave} = 放大器平均电流， I_{max} = 放大器峰值电流， f_{max} = 最大工作频率， C = 陶瓷的静电容量， U_{p-p} = 峰峰值驱动电压， f = 工作频率。

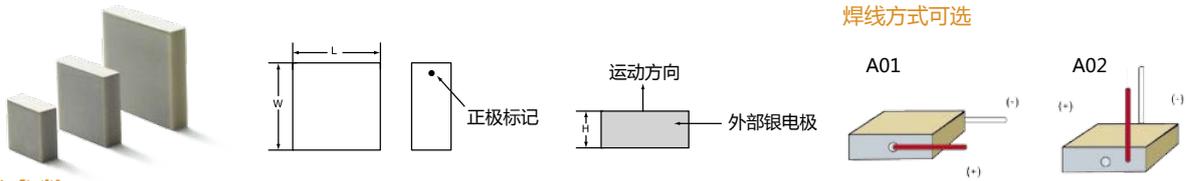
► 定制产品



同侧电极、
中心开孔、
5μm 平面度

方形压电陶瓷片 / 堆栈

方形压电陶瓷片



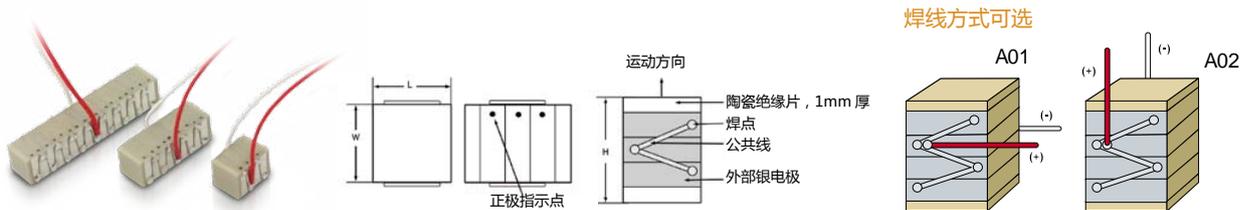
► 技术参数

型号	长 L [mm]±0.1	宽 W [mm]±0.1	高 H [mm]±0.05	最大驱动 电压 [V]	位移 [μm]±15%	静电容量 [nF]±15%	刚度 [N/μm]±20%	推力 [N]±20%	谐振频率 [kHz]±20%
NAC2001	2	2	2	60	3.0	150	56	168	> 486
NAC2002	3	3	2	60	3.0	400	126	378	> 486
NAC2003	5	5	2	60	3.0	1080	350	1050	> 486
NAC2011	2	2	2	150	3.3	25	51	168	> 486
NAC2012	3	3	2	150	3.3	65	115	378	> 486
NAC2013	5	5	2	150	3.3	190	318	1050	> 486
NAC2014 ^[1]	7	7	2	150	3.3	380	624	2060	> 486
NAC2015 ^[2]	10	10	2	150	3.3	760	1273	4200	> 486
NAC2021 ^[1]	7	7	2	200	3.3	220	624	2060	> 486
NAC2022 ^[2]	10	10	2	200	3.3	440	1273	4200	> 486
NAC2023 ^[3]	15	15	2	200	3.3	970	2864	9450	> 486
NAC2024	3	3	2	200	1.9	25	161	290	> 500
NAC2025	5	5	2	200	1.9	80	400	800	> 500

注：小幅值（几伏电压）下使用，工作频率可达几十 kHz。最大工作温度达 200°C

[1]：长宽公差 ±0.15mm；[2]：长宽公差 ±0.2mm；[3]：长宽公差 ±0.3mm。

方形压电陶瓷堆栈



► 技术参数

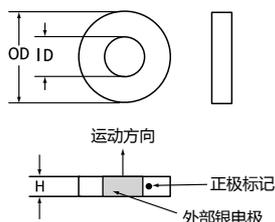
型号	长 L [mm]	宽 W [mm]	高 H [mm]	驱动电压 [V]	位移 [μm]±20%	静电容量 [nF]±15%	刚度 [N/μm]±20%	出力 [N]±20%	谐振频率 [kHz]±20%	最大工作 温度°C
NAC2001-Hxx	2	2	4-20	60	2.55-22.9	130-1150	66-7	168	> 248-52	150
NAC2002-Hxx	3	3	4-30	60	2.85-39.9	360-5040	133-9	378	> 248-35	150
NAC2003-Hxx	5	5	4-50	60	3-72	1020-24625	350-15	1050	> 248-22	150
NAC2011-Hxx	2	2	4-20	150	2.81-25.25	21-190	60-7	168	> 248-52	150
NAC2012-Hxx	3	3	4-30	150	3.14-43.89	59 - 820	121 - 9	378	> 248-35	150
NAC2013-Hxx	5	5	4-50	150	3.3-79.2	180 - 4330	318 - 13	1050	> 248-22	150
NAC2014-Hxx	7	7	4-70	150	3.3-112.2	340 - 11650	624 - 18	2060	> 248-16	150
NAC2015-Hxx	10	10	4-100	150	3.3-161.7	680 - 33500	1273 - 26	4200	> 248-11	150
NAC2021-Hxx	7	7	4-70	200	3.3-112.2	200 - 6750	624 - 18	2060	> 248-16	150
NAC2022-Hxx	10	10	4-100	200	3.3-161.7	400 - 19400	1273 - 26	4200	> 248-11	150
NAC2023-Hxx	15	15	4-150	200	3.3-244.2	870 - 64600	2864 - 39	9450	> 248-7	150
NAC6024-Hxx	3	3	4-30	200	1.81-25.3	25-350	161-11	290	>250-35	200
NAC6025-Hxx	5	5	4-50	200	1.9-45.6	80-1920	421-18	800	>250-22	200

注：方形压电陶瓷堆栈的高度可自行选择；Hxx: 其中 xx 代表总体高度；堆栈的上下面分别有一片 1mm 厚的未极化的绝缘陶瓷片。

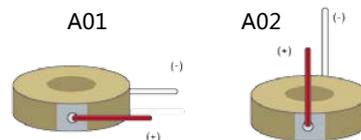
建议在使用电压范围以内使用，超压使用可能导致电气故障（电弧放电）或加速老化。双侧焊点总高度最大 1.8mm。高度公差 ±0.2mm 或 1%。

环形压电陶瓷片 / 堆栈

环形压电陶瓷片



焊接方式可选

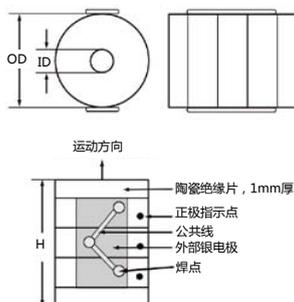


▶ 技术参数

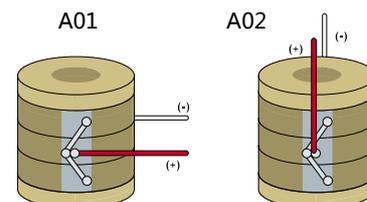
型号	外径 OD[mm]	内径 ID[mm]	高 H[mm]±0.05	驱动电压 [V]	位移 [μm]±15%	静电容量 [nF]±15%	刚度 [N/μm]±20%	推力 [N]±20%	谐振频率 [kHz]±20%
NAC2121	6(±0.2)	2(±0.1)	2	200	3.3	105	321	1060	> 486
NAC2122	8(±0.25)	3(±0.1)	2	200	3.3	200	548	1810	> 486
NAC2123	12(±0.4)	6(±0.2)	2	200	3.3	380	1079	3560	> 486
NAC2124	15(±0.45)	9(±0.3)	2	200	3.3	510	1439	4750	> 486
NAC2125	20(±0.6)	12(±0.4)	2	200	3.3	890	2561	8450	> 486

注：小幅值（几伏电压）下使用，工作频率可达几十 kHz；在 200V 驱动下，NAC2121 径向收缩位移约 2.0μm，NAC2123 径向收缩位移约 7μm，NAC2125 径向收缩位移约为 9.0μm。最大工作温度达 200°C。

环形压电陶瓷堆栈



焊接方式可选



▶ 技术参数

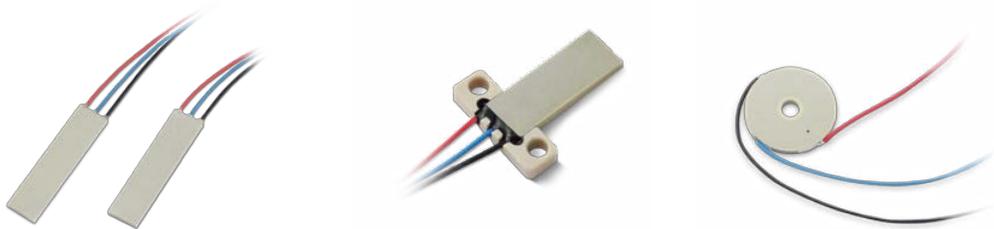
型号	外径 OD [mm]	内径 ID [mm]	高 H [mm]	驱动电压 [V]	位移 [μm]	静电容量 [nF]±15%	刚度 [N/μm]±20%	出力 [N]±20%	谐振频率 [kHz]±20%
NAC2121-Hxx	6	2	4-60	200	3.3-95.7	95-2750	321-11	1060	>248-18
NAC2122-Hxx	8	3	4-80	200	3.3-128.7	180-7020	548-14	1810	>248-14
NAC2123-Hxx	12	6	4-120	200	3.3-194.7	340-20200	1079-18	3560	>248-9
NAC2124-Hxx	15	9	4-150	200	3.3-244.2	460-33950	1439-19	4750	>248-7
NAC2125-Hxx	20	12	4-200	200	3.3-326.7	800-79300	2561-26	8450	>248-6

注：方形压电陶瓷堆栈的高度可自行选择；Hxx：其中 xx 代表总体高度；堆栈的上下面分别有一片 1mm 厚的未极化的绝缘陶瓷片。建议在使用电压范围以内使用，超压使用可能导致电气故障（电弧放电）或加速老化。双侧焊点总高度最大 1.8mm。最大工作温度 150°C。高度公差 ±0.2mm 或 1%。

▶ 定制产品

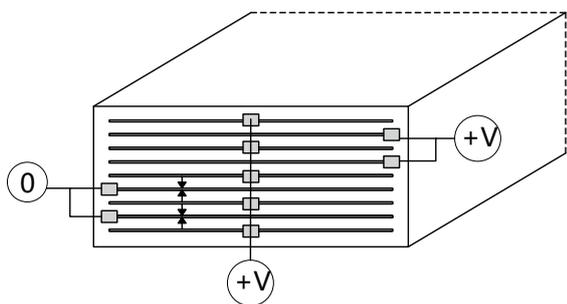


压电陶瓷弯曲片



压电弯曲片分为方形和环形压电弯曲片。将方形弯曲片的一端固定，通过压电陶瓷控制器驱动，压电弯曲片另一端会上下摆动或单方向摆动。将环形压电弯曲片外边缘固定后再施加电压，中心内径位置会产生上下凹凸运动。

► 工艺结构

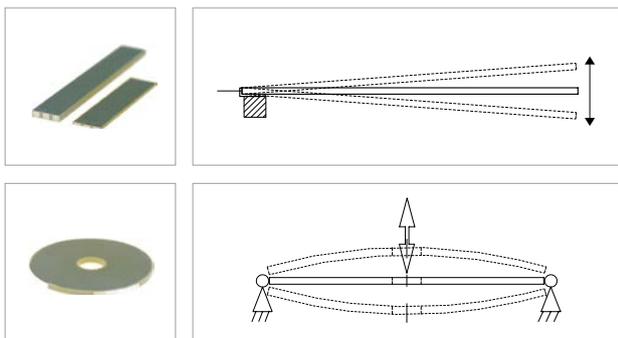


压电弯曲片利用的是横向的压电效应即压电系数 d_{31} ，静态使用时，会表现出明显的蠕变特性，所以压电弯曲片主要是用于动态应用。叠层压电弯曲片是由多层压电陶瓷弯曲基片叠堆共烧而成。该种压电弯曲片的出力远远大于普通的双晶片。

► 工作频率

弯曲片在满幅值使用时，最大工作频率远小于 1/3 谐振频率。

► 运动方式

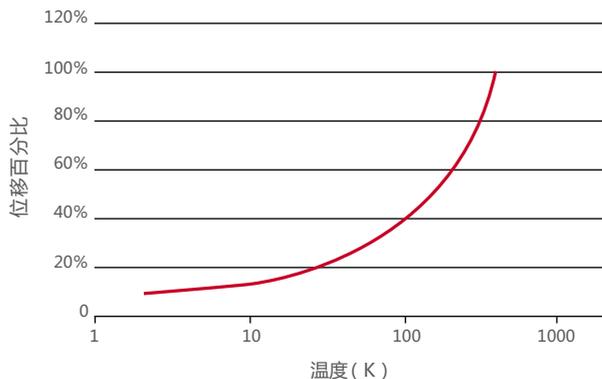


► 功率计算

电流消耗 $I = f \cdot C \cdot U_{p-p}$ ， f ：需要达到的频率， C ：陶瓷的电容（如 CMBP01，电容为 $2 \times 110 \text{ nF}$ ）， U_{p-p} ：峰值驱动电压。通过 $P = U \cdot I$ ，能够估算出陶瓷工作所需的功率。

► 工作温度

压电陶瓷弯曲片的最高工作温度可达 150°C ，最低工作温度可达几 k。在低温下，压电陶瓷弯曲片的性能会降低，约为室温下的 10% 左右。若在低温下动态使用，需更换低温引线。



► 压电陶瓷弯曲片控制器

三通道输出，一路输出恒压 -100V，一路输出恒压 +100V，一路输出可变电电压 -100V~100V。可选配上位机通信。

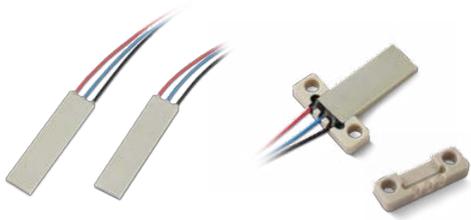


模拟和数字控制，双向弯曲

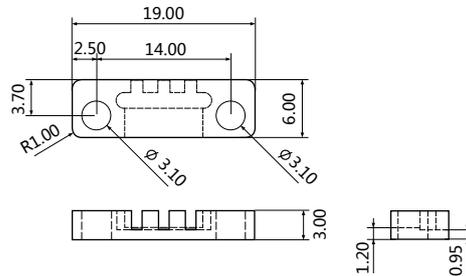


模拟和数字控制，单向弯曲

方形压电陶瓷弯曲片



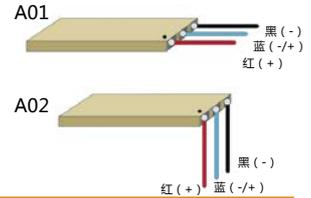
可选配标准粘接固定装置



连接装置尺寸图

引线焊接方式

压电陶瓷弯曲片标准产品含有引线。可选择以下两种焊接方式其一。



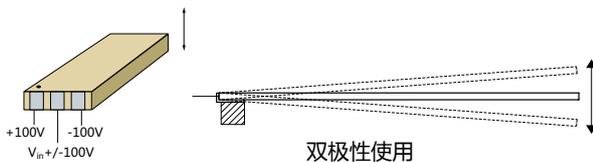
▶ 技术参数

型号	长 L [mm]	宽 W [mm]	高 H [mm]	最大驱动电压 [V]	位移 [μm]±15%	静电容量 [nF]±15%	刚度 [N/ μm]±20%	出力 [N]±20%	谐振频率 [Hz]±20%
NAC2221	21	7.8	0.7	±100 或 200	±210	2×110	0.0062	1.34	730
NAC2222	21	7.8	1.3	±100 或 200	±140	2×220	0.0308	5.00	1300
NAC2223	21	7.8	1.8	±100 或 200	±100	2×330	0.0647	9.50	1880
NAC2224	32	7.8	0.7	±100 或 200	±560	2×180	0.0016	0.82	275
NAC2225	32	7.8	1.3	±100 或 200	±375	2×360	0.0065	3.00	490
NAC2226	32	7.8	1.8	±100 或 200	±260	2×540	0.0205	5.80	705
NAC2227	50	7.8	0.7	±100 或 200	±1490	2×300	0.0003	0.51	100
NAC2228	50	7.8	1.3	±100 或 200	±1000	2×600	0.0019	1.90	180
NAC2229	50	7.8	1.8	±100 或 200	±700	2×900	0.0046	3.60	265

注：NAC2221 约 0.9g，NAC2222 约 1.7g，NAC2228 约 4g，NAC2229 约 5.5g，引线和焊点材料重量约 1-2g，引线长度 20cm。

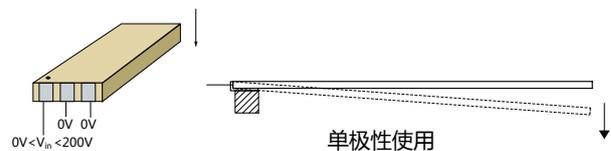
▶ 控制方式与位移

双极性使用：三线驱动，可向上及向下弯曲运动。正极接 +100V，负极接 -100V，中间电极控制电压 V_{in} 在 -100~+100V，在 0~+100V 时向上弯曲，在 -100V~0 之间时向下弯曲。



双极性使用

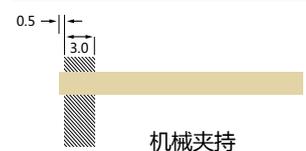
单极性使用：两线驱动，只能朝一个方向弯曲。负极接 0V，中间电极电压 0V，正极控制电压在 0~200V，弯曲片向下弯曲。单极性使用时的位移为双极性使用时的一半。



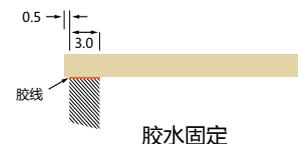
单极性使用

举例	连接方式	控制器要求	运动位移
以 NAC2227 为例		3 个输出通道，其中： 1 通道：-100V~100V 可变输出 2 通道：+100V 恒压输出 3 通道：-100V 恒压输出	上下弯曲分别 1490 μm ， 总位移 2980 μm
		1 通道 0~200V 可变输出	向下弯曲 1490 μm

▶ 安装与固定

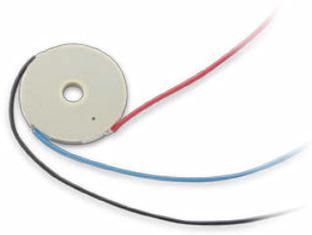


机械夹持

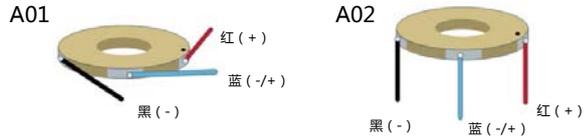


胶水固定

环形压电陶瓷弯曲片



引线焊接方式



压电陶瓷弯曲片标准产品含有引线。可选择以上两种焊接方式其一。

▶ 技术参数

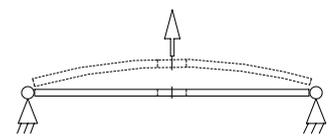
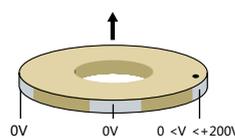
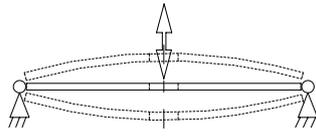
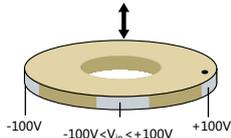
型号	外径 OD [mm]	内径 ID [mm]	高 H [mm]±0.1	最大驱动电压 [V]	位移 [μm]±15%	静电容量 [nF]±15%	刚度 [N/μm]±20%	出力 [N]±20%	谐振频率 [kHz]±20%
CMBR02	20(±0.6)	4(±0.15)	1.25	±100 或 200	±28	2×400	0.57	16	> 12.8
CMBR03	20(±0.6)	4(±0.15)	1.8	±100 或 200	±20	2×670	1.1	22	> 18.4
CMBR04	30(±0.9)	6(±0.2)	0.7	±100 或 200	±108	2×470	0.1	11	> 3.7
CMBR05	30(±0.9)	6(±0.2)	1.25	±100 或 200	±70	2×940	0.41	29	> 6
CMBR07	40(±1.2)	8(±0.25)	0.7	±100 或 200	±185	2×800	0.07	13	> 1.8
CMBR08	40(±1.2)	8(±0.25)	1.25	±100 或 200	±115	2×1740	0.34	39	> 3.4

注：CMBR02 约 3g，CMBR08 约 12g，引线和焊点材料重量约 1-2g，引线长度 20cm。最大工作温度 150°C

▶ 位移

双极性使用：三线驱动，可向上及向下弯曲运动。正极接 +100V，负极接 -100V，中间电极控制电压 V_{in} 在 -100V~+100V，在 0~+100V 时向上弯曲，在 -100V~0 之间时向下弯曲。

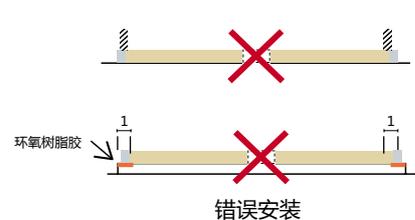
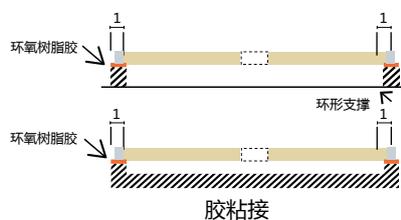
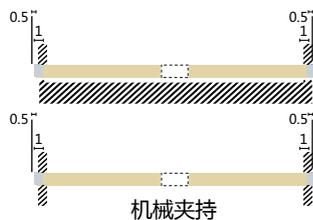
单极性使用：两线驱动，只能朝一个方向弯曲。负极接 0V，中间电极接 0V，正极控制电压范围为 0~200V，弯曲片向上弯曲。单极性使用时的位移为双极性使用时的一半。



举例	连接方式	控制器要求	运动位移
以 CMBR08 为例		3 个通道输出，其中： 1 通道：-100V~100V 可变输出 2 通道：+100V 恒压输出 3 通道：-100V 恒压输出	上下弯曲分别 115μm， 总位移 230μm
		1 通道 0~200V 可变输出	向上弯曲 115μm

▶ 安装与固定

可通过机械夹紧或胶合方式安装压电陶瓷弯曲片。环形压电陶瓷弯曲片的内外径分别有 1mm 绝缘区域，夹持区域最大 2~3mm。机械预紧力要适度，约为出力的 5 倍，夹持材料需具有一定弹性，推荐使用塑料，如 Teflon 或 PEEK。用胶水固定，需在非致动区域涂胶，以确保不影响位移。推荐使用环氧树脂胶。环形压电陶瓷弯曲片在粘接过程，底部必须留有位移空间。可夹持粘接的区域如下图所示。



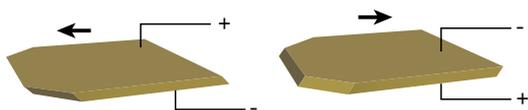
压电陶瓷剪切片 / 叠堆



压电陶瓷剪切片的结构非常紧凑，厚度仅 0.5mm，谐振频率较高，达 1750kHz，它是利用压电陶瓷剪切向效应 d_{15} ，通过施加双极性电压使得压电陶瓷产生切向位移，单片横向位移可达 $1.5\mu\text{m}$ 。压电陶瓷剪切片的上下面为金电极。可通过叠堆方式，组成多维运动或获取更大的位移。

▶ 电极与运动方式

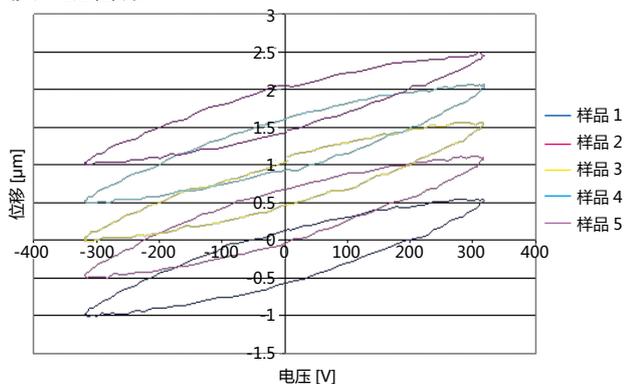
电极：上下面为电极，电极材料为镍金，双极性使用。
运动方向：施加正压面朝切角方向运动。



上下面电极相同，正极面朝向切角方向运动

▶ 位移曲线

以下为 5 个压电陶瓷剪切片在交流电压下设置不同偏置的位移、电压曲线。



▶ 技术参数

型号	长 L [mm]	宽 W [mm]	高 H [mm]±0.05	切角尺寸 [mm]	最大驱动电压 [V]	位移 [μm]* ±20%	静电容量 [nF]±20%	谐振频率 [kHz]±20%
CSAP01	2(±0.1)	2(±0.1)	0.5	0.2×45°	±320V	1.5 或 ±0.75	0.13	1750
CSAP02	5(±0.1)	5(±0.1)	0.5	0.5×45°	±320V	1.5 或 ±0.75	0.83	1750
CSAP03	10(±0.2)	10(±0.2)	0.5	1×45°	±320V	1.5 或 ±0.75	3.32	1750
CSAP04	15(±0.3)	15(±0.3)	0.5	1.5×45°	±320V	1.5 或 ±0.75	7.47	1750

*：位移是在 -320V~+320V 驱动电压下的位移行程。最大工作温度 200°C。

▶ 压电陶瓷剪切片控制器

单通道输出，输出电压范围 -320V~320V，可选配上位机通信。



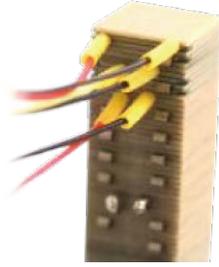
▶ 负载能力

压电陶瓷剪切片的测试通常是在 3.5MPa 下进行。在理论上，压电陶瓷可承受非常大的负载力，但在实际中，推荐压电陶瓷剪切片的负载能力不超过 5MPa（即约为 CSAP01：20N，CSAP02：125N，CSAP03：500N，CSAP04：1125N），因为接触面小的缺陷可能导致应力集中，从而损坏陶瓷。如果承载非常大的负载，需保证在压电剪切片的两个接触面具有超高的平面度。

▶ 安装与固定

可通过机械夹持或胶粘合两种方式对压电陶瓷剪切片进行固定安装。使用机械夹持时，推荐 1~3MPa 的预载力，并且作用于陶瓷的整个表面。使用胶粘合时，推荐使用环氧树脂胶。

压电陶瓷剪切叠堆



压电陶瓷剪切叠堆是基于压电陶瓷剪切片，将其进行叠堆，以获得更大位移或多维运动。压电陶瓷剪切叠堆可产生一至三维 XYZ 运动，单轴位移可达 9 μ m。

X 方向运动		XY 方向运动		XYZ 方向运动	
NAC240X-H1.7	NAC240X-H3.4	NAC290X-H2.8	NAC290X-H6.4	NAC340X-H7.4	NAC340X-H33.6

► 技术参数

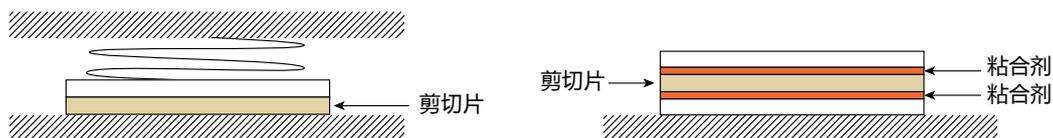
型号	运动轴	长 [mm]±0.2	宽 [mm]±0.2	高 [mm]±2%	位移 [μ m]±20%	静电容量 [nF]±20%	谐振频率 [kHz]±20%
NAC2402-H1.7	X	5	5	1.7	1.5	0.8	520
NAC2402-H2.3	X	5	5	2.3	3	1.7	700
NAC2402-H3.4	X	5	5	3.4	6	3.3	245* , 415**
NAC2403-H1.7	X	10	10	1.7	1.5	3.3	470
NAC2403-H2.3	X	10	10	2.3	3	6.6	350
NAC2403-H3.4	X	10	10	3.4	6	13.3	148* , 240**
NAC2902-H2.8	X/Y	5	5	2.8	1.5/1.5	0.8/0.8	255/ 255
NAC2902-H4	X/Y	5	5	4.0	3/3	1.7/1.7	220/220
NAC2902-H6.4	X/Y	5	5	6.4	6/6	3.3/3.3	185/185
NAC2903-H2.8	X/Y	10	10	2.8	1.5/1.5	3.3/3.3	290/290
NAC2903-H4	X/Y	10	10	4	3/3	6.6/6.6	148/148* , 240/240**
NAC2903-H6.4	X/Y	10	10	6.4	6/6	13.3/13.3	130/130
NAC3402-H7.4	X/Y/Z	5	5	7.4	1.5/1.5/1.5	0.8/0.8/5.5	102/102/102
NAC3402-H12.6	X/Y/Z	5	5	12.6	3/3/3	1.7/1.7/11.1	106/106/106
NAC3403-H7.4	X/Y/Z	10	10	7.4	1.5/1.5/1.5	3.3/3.3/21.4	150/150/150
NAC3403-H12.6	X/Y/Z	10	10	12.6	3/3/3	6.6/6.6/42.7	107/107/107
NAC3403-H23.1	X/Y/Z	10	10	23.1	6/6/6	13.3/13.3/85.4	60/60/60
NAC3404-H12.6	X/Y/Z	15	15	12.6	3/3/3	14.9/14.9/92.8	86/86/86
NAC3404-H23.1	X/Y/Z	15	15	23.1	6/6/6	29.8/29.8/185.7	69/69/69
NAC3404-H33.6	X/Y/Z	15	15	33.6	9/9/9	44.8/44.8/278.5	52/52/52

* 次谐振点，** 主谐振点。

注：X、Y 向最大驱动电压为 +/-320V，Z 向最大驱动电压 60V、150V、200V 可选。高度公差 ±0.2mm 或 2%。最大工作温度 150°C。

► 压电剪切片安装使用注意事项

剪切片的电极在上下表面。它可以通过机械夹持或胶水进行固定安装。



当用机械夹持固定时一定要控制剪切片的轴向力，太低的力会导致滑动但太大的力又会损坏陶瓷。在合适的接触面及较低的剪切力情况下，推荐 1~3MPa 的压力。

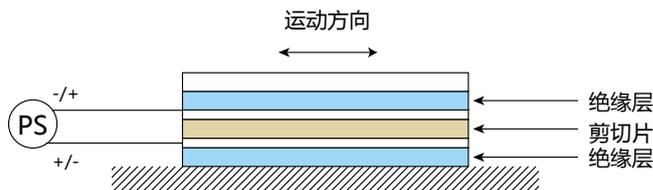
在机械夹持下的运动：



如果使用夹持力，负载机构在致动方向的刚度应尽可能的低，以避免阻碍剪切片的运动。



负载必须作用在整个表面，以确保力的均匀分布。特别是施加压力时，接触面一定要足够平整。



接触面必须与结构的其他部分绝缘。可以通过加绝缘陶瓷片或聚酰亚胺绝缘薄膜实现。

优选的胶水粘合的方法：



如使用胶水来固定剪切片，一定要确保剪切片与基片间的胶层非常薄，一般可以使用较低粘度的胶水，在固化过程应使用一定的压力，例如 2-3MPa。

环氧树脂胶非常适合于粘贴压电陶瓷。

► 电连接

外部电极

剪切片的两个电极是一样的。工作方向通过切角来表明。

符号规定：给一面电极以正电压，此表面将会朝着切角边缘方向产生一个相对的位移。

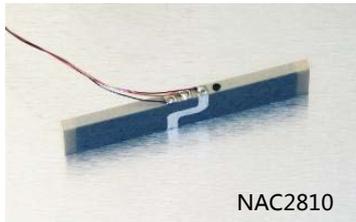
外部电极的连接可以通过机械接触、焊接、导电胶粘或引线接合来实现。

机械连接可以通过一个铜弹簧与外部电极连接。剪切片上的金电极提供非常好的导电性能，同时避免了电极氧化。

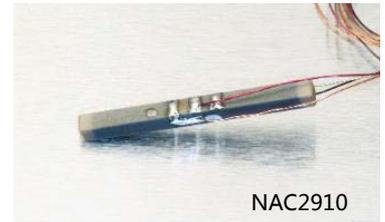
2D 压电陶瓷



NAC2710



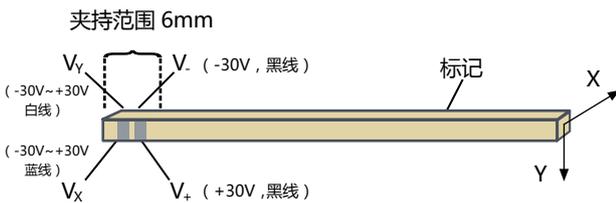
NAC2810



NAC2910

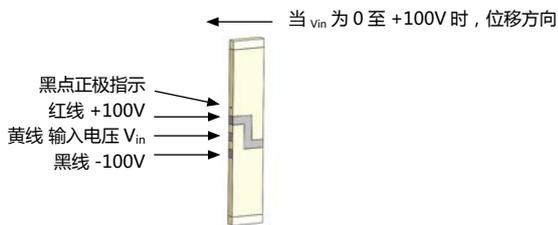
► NAC2710 驱动控制

工作电压范围为 $-30V \sim +30V$ ，V₋ 接 $-30V$ 恒压，V₊ 接 $+30V$ 恒压。V_X、V_Y 为控制电压，电压范围为 $-30V \sim +30V$ 。当 $0 < V_X < +30V$ 时，朝 X 箭头方向运动，当 $-30V < V_X < 0$ 时，朝相反方向运动；当 $0 < V_Y < +30V$ 时，朝 Y 箭头方向运动，当 $-30V < V_Y < 0$ 时，朝相反方向运动。

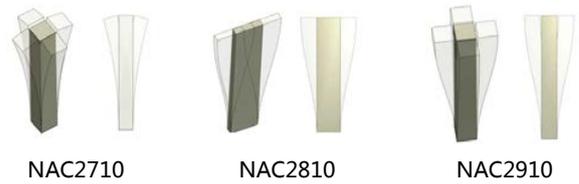


► NAC2810 驱动控制

黑点处为正极标记。工作电压范围为 $-100V \sim +100V$ 。红线为正极，接 $+100V$ ，黑线为负极，接 $-100V$ 。V_{in} 的电压范围为 $-100V \sim +100V$ 。当 $0 < V_{in} < +100V$ 时，运动方向为下图箭头方向；当 $-100 < V_{in} < 0V$ 时，运动方向为下图箭头方向的反方向。



► 运动方式

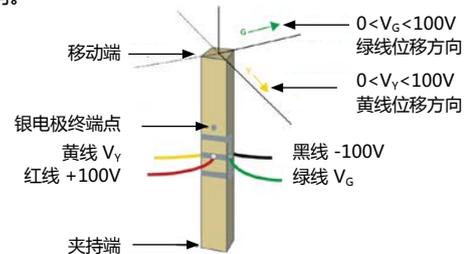


► 应用

压电开关、光路调整、光束扫描、光学相控阵天线等。

► NAC2910 驱动控制

银点标记端为移动端。工作电压范围为 $-100V \sim +100V$ 。红线接 $+100V$ ，黑线接 $-100V$ 。黄线 V_Y 及绿线 V_G 为控制电压，电压范围为 $-100V \sim +100V$ 。当 $0 < V_G < +100V$ 时，运动方向为下图绿色箭头方向，当 $-100 < V_G < 0V$ 时，运动方向为下图绿色箭头方向的反方向；当 $0 < V_Y < +100V$ 时，运动方向为下图黄色箭头方向，当 $-100 < V_Y < 0V$ 时，运动方向为下图黄色箭头方向的反方向。



► 技术参数

型号	NAC2710	NAC2810	NAC2910	单位
长	36.5	40	28	mm±0.80
宽	1.75	8	2.5	mm±0.16
高	1.75	2	2.5	mm±0.10
工作电压 (最大)	±30 或 60	±100 或 200	±100 或 200	V
位移 (最大)	±90	±34	±35	μm±15%
出力 (最大)	0.35	27	3.8	N±20%
电容	X=700 Y=1300	2*580	4*100	nF±15%
最大工作温度	200	150	150	°C
空载谐振频率	>700	>4200	>2200	Hz±20%

超声 / 单层压电陶瓷



► 描述

材料：PZT4、PZT5、PZT8 可选。

耐压值：200V~275V/mm，最高可达 1000V/mm。

应用：超声振动、传感器、换能器等。

电极：标准电极为银电极，可选金、镍等。

定制：可定制尺寸、形状、频率、电极等。

注：该产品以定制为主，对于少量订购，请联系销售工程师获取库存型号及数量。

► 电极



靶心电极延覆



边缘电极延覆



侧边电极延覆



标准电极延覆

► 公差

长 / 宽 / 高	平面度	介电常数	谐振频率	耦合系数
±0.05mm 或 ±0.5%**	±0.005mm 或 ±0.5%	±10%	±5%	±5%

** 最大值

► 位移计算公式

环形 / 方形 / 圆片轴向位移 [μm]： $\Delta h = d_{33}V$

管状轴向位移 [μm]： $\Delta l = \frac{2d_{31}Vl}{OD-ID}$

管状径向位移 [μm]： $\Delta h = d_{33}V$

环形径向位移 [μm]： $\Delta r = \frac{d_{31}V(OD-ID)}{2h}$

方形长 / 宽方向位移 [μm]： $\Delta l = \frac{d_{31}Vl}{h}$

圆形径向位移 [μm]： $\Delta r = \frac{2d_{31}Vr}{h}$

d_{33} : 压电系数，取决于材料。

V: 驱动电压 [V]

ID: 内径 [mm]

l: 长或宽 [mm]

注：请联系销售工程师获取材料参数。

d_{31} : 压电系数，取决于材料。

OD: 外径 [mm]

h: 厚度 / 高度 [mm]

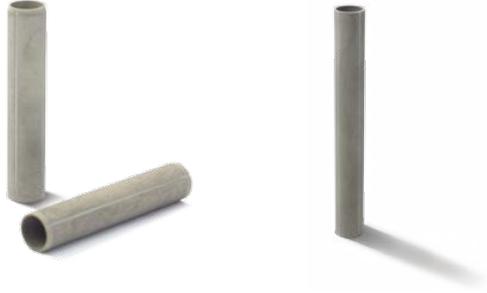
r: 半径 [mm]

► 推荐压电控制器



频率可达 24MHz
输出电压可达 1600V

压电陶瓷管扫描器



压电陶瓷管扫描器是径向极化压电材料的薄圆管体，具有四个外部电极和连续的内部电极。当电压施加到外部电极之一时，相应区域的致动器管壁膨胀，这引起管尖的垂直收缩和大的横向偏转。圆周电极可用于垂直或径向伸展和收缩。

压电管扫描仪广泛用于扫描探针显微镜、光纤拉伸和光束扫描等应用。可根据要求提供定制尺寸、规格。

► 驱动方式与位移计算

当压电陶瓷管的底端基部固定后，尖端扫描的位移 Δx 和 Δy 的估算公式如下：

$$\Delta x = V_x \frac{2\sqrt{2} d_{31} L^2}{\pi D h} \quad \Delta y = V_y \frac{2\sqrt{2} d_{31} L^2}{\pi D h}$$

其中 Δx 与 Δy 分别为 x 轴和 y 轴的位移， d_{31} 为压电形变常数， L 为陶瓷管的长度， D 为陶瓷管的外径， h 为陶瓷管的壁厚， V_x 与 V_y 是施加的电压。

由于施加在所有四个外部电极或内部电极上的电压引起的垂直伸长位移，估算公式如下：

$$\Delta L = V \times \frac{d_{31} L}{h}$$

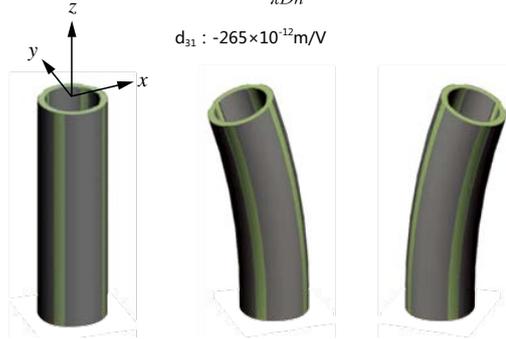
由于施加在所有四个外部电极或内部电极上的电压引起的直径的膨胀位移，估算公式如下：

$$\Delta D = V \times 2d_{33}$$

可通过给内部和外部电极施加相反电压，可以使垂直和径向的扩展范围加倍。

$$\Delta x = V_x \frac{2\sqrt{2} d_{31} L^2}{\pi D h} \quad \Delta L = V \times \frac{d_{31} L}{h}$$

$d_{31} : -265 \times 10^{-12} \text{m/V}$



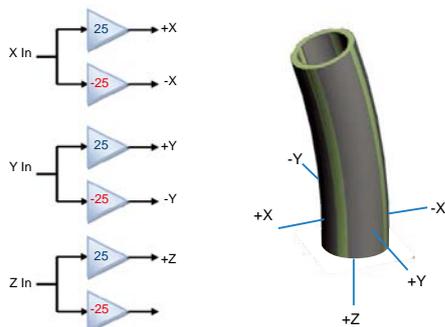
► 尺寸范围

外径	壁厚	高度
1.524mm	0.254mm	3.175mm 至 76.2mm
2.54mm	0.3048mm	
3.175mm	0.381mm	
6.35mm	0.508mm	
9.525mm	0.762mm	

注：详细信息请咨询销售工程师。

► 规格参数

型号	长 [mm]	外径 [mm]	内径 [mm]	壁厚 [mm]	最大驱动电压 [V]	扫描范围 [μm]	Z 向位移 [μm]	电容 / 分区 [nF]
1005	10.00	5.0	3.68	0.66	± 264	3.8	2.1	3
1206	12.7	6.35	5.08	0.635	± 254	4.8	2.7	4
2005	20.00	5.0	3.68	0.66	± 264	15	4.2	6
3507	35.00	7.0	5.68	0.66	± 264	39	7.4	10
5009	50.8	9.5	8.18	0.66	± 264	52	10	17
5509	55.0	9.0	7.8	0.60	± 250	66	12	12
6006	60	6	4.7	0.65	± 260	114	12	12



在驱动内部电极配置中，X 和 Y 电极以标准方式相等且相反极性的电压驱动。通过向内部电极施加满量程负电压，获得等于垂直扫描范围的一半的收缩。该方法利用压电材料更高的正电场强度，其通常是负电场强度的五倍。必须注意不要对内部电极施加正电压，因为这会导致去极化。

性能	符号	参数	单位
压电常数	d_{33}	600	10^{-12}m/V
	d_{31}	-270	10^{-12}m/V
	g_{33}	19.4	10^{-3}Vm/N
	g_{31}	-9.2	10^{-3}Vm/N
机电耦合系数	K_p	0.65	NA
	K_t	0.37	NA
	K_{31}	0.38	NA
频率常数	N_p	1980	Hz-m
	N_t	1950	Hz-m
	N_{31}	1450	Hz-m
弹性常数	Y_{33}	5.3	10^{10}N/m^2
	Y_{11}	7.2	10^{10}N/m^2
品质因数	Q_m	80	NA
介电常数	ϵ_{33}/ϵ_0	3500	@1kHz
消耗因数	$\tan \delta$	2.5	% @1kHz
居里温度	T_c	220	$^{\circ}\text{C}$
密度	ρ	7.8	g/cm^3

► 安装

最常见的安装配置是带有固定底座和自由端的悬臂式。基底可以用两部分环氧树脂或高粘度氰基丙烯酸酯直接粘到绝缘表面上。压电管也可以通过去除少量电极而粘到导电表面，如下面“电极”中所述。

► 电极

压电陶瓷管配有镍薄膜电极。内部电极是连续的，外部电极是四分区的。通过用稀硝酸蚀刻可以去除表面电极。可根据要求提供定制电极配置。

在需要高磁场的应用中，镍电极可以用铜或金代替。铜是一种经济的选择，但金电极具有优异的耐腐蚀性和导电性。

► 真空兼容性

压电管不含任何除气材料，并且完全兼容真空。

► 电流要求

所需的平均电流是 $I = C \, dV/dt$ ，其中 I 是平均电流，C 是有效电容， dV/dt 是电压变化率。对于正弦波，所需的峰值电流等于 $I_p = 2\pi f C V_{p-p}$ ，其中 V_{p-p} 是峰峰值电压。对于三角波，所需的峰值电流等于： $I_p = 2CfV_{p-p}$

► 连接线

可使用导电环氧树脂或标准焊料和松香助焊剂连接引线。施加助焊剂后，建议与 300°C 铁接触一秒钟。

压电管也可以提供连接线。

► 低温兼容性

材料 PZT-5H 在低温下工作良好。作为参考，低温下灵敏度约降低四倍。然而，在低温下，施加的电压可以增加至 $\pm 2 \text{kV/mm}$ ，这可以重新获得或超过室温下的偏转范围，但需要高压。

例如，低温下施加电压为 $\pm 250 \text{V}$ ，TB6309 压电陶瓷管的预测偏转范围为 $\pm 10 \mu\text{m}$ 。但是，通过将电压增加到 $\pm 1 \text{kV}$ ，可以恢复 $\pm 40 \mu\text{m}$ 的扫描范围。

► 选项 / OEM 定制

自定义尺寸和厚度	定制布线 / 连接器
定制电极配置	安装平台设计和制造

► 推荐控制器



超低噪声
六通道
双极性
250V 输出

应用案例

压电陶瓷扫描管用于光纤扫描。



压电陶瓷纤维棒（管）



压电陶瓷纤维棒 / 管是由 PZT 压电陶瓷材料经过特殊加工制成的条棒状或管状的纤维，外径在 1mm 以内。通常，具有约 75% 的 PZT 陶瓷特性的纤维对于大多数应用产生了令人满意的结果。

请注意，我们提供的所有 PZT 陶瓷纤维都没有极化且没有电极。PZT 材料的极化和电极需要适当的设备和经验。

名称	压电陶瓷纤维棒	压电陶瓷纤维管
效果图		
外径	105μm、250μm、800μm	1mm、400μm
长度	可达 150mm，通常为 75mm	
PZT 材料	PZT SP505 (Navy type II) 标准库存；PZT SP53 (Navy type VI)	
电极	PZT 压电陶瓷纤维棒以无电极，未极化形式提供	
极化	棒状极化方法：在室温条件下延长度方向施加 2kV/mm 电压 15 分钟，使用电压上升缓降循环大于 1 分钟。 管状极化方法：化学电镀法	

超声换能器



超声换能器的内部是由压电陶瓷纤维棒及填充物构成的，主要应用于超声应用。超声换能器是定制型产品，完全根据客户需要的尺寸、频率等定制。

类型	频率	填充比	最大尺寸	工作温度	电极材料	应用	填充材料
 切割 & 填充复合材料	500kHz ~15MHz	25% ~65%	7.5cm × 7.5cm, 更大或弯曲型可定制	标准 90°C 可定制 130°C	金、铜锡	NDT 无损测试， 医疗超声， 流量控制与测量， 相控阵换能器	各种环氧 树脂和聚 氨酯填隙 材料可用
 随机排列纤维复合材料	80kHz 至 8MHz	35% 65% 80%	10cm × 10cm, 更大或弯曲型 可定制	标准 90°C 可定制 130°C	金电极、 铜锡	NDT 无损检测，SONAR 单元素换能器， 空气超声换能器， 流量控制与测量	
 规则排列纤维复合材料	80kHz 至 1MHz	15% ~48%	10cm × 10cm, 可定制 更大尺寸	标准 95°C 可定制 130°C	铜锡电极 及银电极	SONAR 阵列换能器或单 元素换能器，一般水下超 声应用，空气超声换能器	

压电陶瓷纤维片



压电纤维复合材料 (MFC) 是先进的薄片型执行器和传感器, 提供高性能、高灵活性及高可靠性。并且, MFC 不断改进和定制, 以满足客户的特定需求, 并满足新应用的要求。

► 优点和特点

- 灵活, 耐用, 可靠
- 符合任意表面
- 性能表现出色
- 具有伸长型 (d_{33} 模式) 和收缩型 (d_{31} 模式)
- 定向驱动和传感
- 随时可嵌入
- 提供不同的压电陶瓷材料
- 可选择单晶 PMN-PT, PZN-PT 材料
- 损伤容限
- 环保密封包装

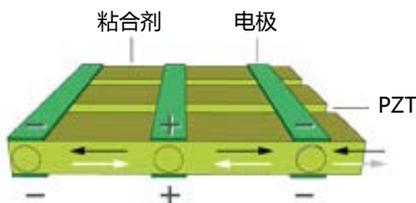
MFC 由夹在粘合剂、电极和聚酰亚胺薄膜层之间的矩形压电陶瓷棒组成。电极以互相交叉模式附着在薄膜上, 该交叉电极将施加的电压加到带状压电棒上或从带状压电棒上输出电压。该封装结构是密封、耐用的, 使得 MFC 可在平面上极化、促动及作为传感。

MFC 也可以作为薄的、表面适形的片材应用 (通常粘合) 到各种类型的结构, 或嵌入复合结构中。如果施加电压, 它会将粘贴的材料弯曲或扭曲, 抵消振动或产生振动。如果不施加电压, 它可以作为非常灵敏的形变传感器使用, 感应变形、噪音和振动。MFC 也是从振动中获取能量的绝佳装置。

MFC 可在 d_{33} 和 d_{31} 操作模式下使用, 这是 MFC 的一个独特功能。

► MFC P1 模式

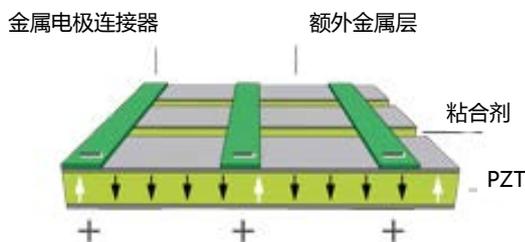
MFC P1 型 (d_{33} 效果), 伸长型



P1 型 MFC, 包括 F1 和 S1 型, 利用 d_{33} 效应进行促动, 如果在 -500V 至 +1500V 的电压下工作, 则可延长至 1800ppm。P1 型 MFC 也是非常灵敏的应变传感器。

► MFC P2 模式

MFC P2 型 (d_{31} 效果), 收缩型

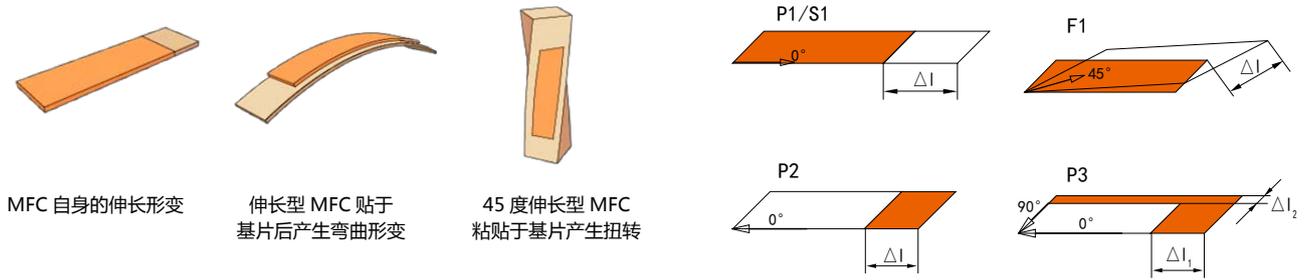


► 典型属性概述

出力	28N 至 1000N, 取决于 MFC 的宽度
工作电压范围	P1, S1, F1: -500V to +1500V
	P2, P3: -60V to 360V
工作频率上限	作为致动器: 10kHz (高电场)
	作为传感器、能量捕获器: <1MHz
寿命	作为致动器: $10E+8$ 周期
	作为传感器: $10E+11$ 周期
	作为能量捕获器: $10E+10$ 周期
典型厚度	300 μ m
典型电容	P1, S1, F1: 2nF 至 12nF
	P2, P3: 25nF 至 200nF

P2 和 P3 型 MFC 利用 d_{31} 效应进行促动, 如果在 -60V 至 +360V 的电压下工作, 则收缩高达 750ppm。P2 和 P3 型 MFC 主要用于能量收集和应变传感器。

► MFC 工作模式



► 技术参数

型号	致动长度 [mm]	致动宽度 [mm]	整体长度 [mm]	整体宽度 [mm]	静电容量 [nF]	最大位移 [μm]	出力 [N]
P1-Types (0° 纤维方向) 位移是在驱动电压 -500V~1500V 下测得。							
M2503-P1	25	3	46	10	0.20	26.25	28
M2807-P1	28	7	38	13	0.54	38.64	87
M2814-P1	28	14	38	20	1.15	43.4	195
M4005-P1	40	5	50	11	0.38	47.2	51
M4010-P1	40	10	50	16	1.23	56	126
M4312-P1	43	12	60	21	2.03	64.5	162
M5628-P1	56	28	67	37	5.07	100.8	450
M8503-P1	85	3	110	14	0.64	89.25	28
M8507-P1	85	7	101	13	1.76	117.3	87
M8514-P1	85	14	101	20	3.39	136	202
M8528-P1	85	28	103	35	6.58	153	454
M8557-P1	85	57	103	64	12.84	153	923
M14003-P1	140	3	160	10	1.46	147	28
F1-Types (45° 纤维方向) 位移是在驱动电压 -500V~1500V 下测得。							
M8528-F1	85	28	105	35	7.06	114.75	485 计算值
M8557-F1	85	57	105	64	13.26	148.75	945 计算值
P2/P3(d31 效应致动器) 位移是在驱动电压: -60V~360V 下测得。							
M0714-P2	7	14	16	16	7.89	-4.2	-85
M2807-P2	28	7	37	10	15.11	-18.2	-40
M2814-P2	28	14	37	18	30.78	-19.6	-85
M5628-P2	56	28	66	31	113.06	-45.92	-205
M8503-P2	85	3	113	8	15.68	-40.8	-13
M8507-P2	85	7	100	10	49.84	-56.95	-42
M8514-P2	85	14	100	18	84.04	-59.5	-85
M8528-P2	85	28	103	31	177.07	-69.7	-205
M8557-P2	85	57	103	60	342.93	-71.4	-430
M8585-P2	85	85	103	88	520.37	-71.57	-650
M17007-P2	170	7	186	12	93.11	-113	-42
M2814-P3	28	14	37	18	33.75	长: -21/ 宽: -10	-110
M5628-P3	56	28	70	34	133.12	长: -50/ 宽: -25	-265
M8528-P3	85	28	103	31	224.06	长: -76/ 宽: -25	-265
S1-Types 带有位移传感器; (0° 纤维方向) 位移是在驱动电压 -500~1500V 下测得。							
M8557-S1	85	47	105	64	10.5	153	760 计算值
位移传感器	85	5			1.2		

► MFC 机械性能

高电场 ($ E > 1\text{kV/mm}$), 偏置电压操作压电常数	
d_{33}^*	4.6E+02 pC/N
d_{31}^*	-2.1E+02 pC/N
低电场 ($ E < 1\text{kV/mm} > 300\text{V}$), 无偏压操作压电常数	
d_{33}^*	4.0E+02 pC/N
d_{31}^*	-1.7E+02 pC/N
每伏电压平均形变量 (低电场 - 高电场)* d_{33} 类型 MFC (P1)	~ 0.75 - 0.9 ppm/V
每伏电压平均形变量 (低电场 - 高电场)* d_{31} 类型 MFC (P2)	~1.1 - 1.3 ppm/V
自由形变迟滞 *	~ 0.2
DC 极化电压, V_{pol} , d_{33} MFC (P1)	+1500V
DC 极化电压, V_{pol} , d_{31} MFC (P2)	+360V
电容 C_{pol} , 1kHz, 室温, d_{33} MFC (P1)	~ 0.30 nF/cm ²
电容 C_{pol} , 1kHz, 室温, d_{31} MFC (P2)	~ 7.8 nF/cm ²
各向异性线性弹性性质 (恒定电场)	
拉伸模量, $E1^*$	30.336 GPa
拉伸模量, $E1^{**}$	15.857 GPa
柏松比, ν_{12}	0.31
柏松比, ν_{21}	0.16
剪切模量, G_{12}^{***}	5.515 GPa
工作参数	
最大工作正电压, V_{max} , d_{33} MFC (P1)	+1500V
最大工作正电压, V_{max} , d_{31} MFC (P2)	+360V
最大工作负电压, V_{min} , d_{33} MFC (P1)	-500V
最大工作负电压, V_{min} , d_{31} MFC (P2)	-60V
线弹性拉伸应变极限	1000 ppm
最大工作拉伸应变	< 2000ppm
峰值工作能量密度	~48800Nm/m ³
最低工作温度	-35° C
最高工作温度 - 标准版本	< 85° C
最高工作温度 - 高温版本	< 130° C
工作寿命 (@ 1kV _{p-p})	> 10E+09 次
工作寿命 (@ 2kV _{p-pr} , 500VDC)	> 10E+07 次
作为促动器 ****	高电场 0 至 10kHz
最大工作带宽	低电场下 (< 最大工电压的 33%) 0 至 700kHz
作为反馈传感器最大带宽	0 至 1MHz (只测量到 1MHz)
其他机械参数	
所有 MFC 类型的厚度	300 μm , $\pm 10\%$
体积密度, 致动区域	5.44 g/cm ³
面积密度, 致动区域	0.16 g/cm ²
* 内部纤维棒方向 ** 电极方向 *** 混合估算规则 **** 适用于各种驱动电压波形, 如正弦波、方波等 ~ 约	

► MFC 的粘接

粘接目的

MFC 和主体结构之间的完美粘合对于使用 MFC 型致动器结构的高性能致动是必不可少的。为此, 我们强烈建议使用常见的复合真空袋装技术。

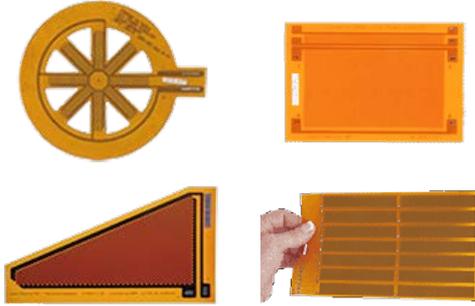
粘接过程

- 1) 用自粘箔覆盖 MFC 的顶部表面, 以保护 MFC 的 Kapton 层在粘合过程中不被撕裂。
- 2) 轻微打磨主体材料表面以获得更好的粘合强度。**注意:** 切勿打磨 MFC 表面。
- 3) 用酒精对 MFC 的底部表面和主体材料的顶部表面进行除油。
- 4) 使用剃须刀片将推荐的环氧树脂胶薄膜涂在 MFC 的底面上。
注意: 如果主体材料具有多孔表面结构, 那么也可能需要将粘合剂施加到主体结构的表面。
- 5) 在 MFC 底部表面的中间部分涂上一层薄薄的额外的环氧树脂胶, 以形成一个小的粘合剂储存。
- 6) 翻转 MFC 并将其放置在结构顶部的正确位置。**注意:** 此时不要将 MFC 按压在主体表面上。
- 7) 使用两端的 2 个 TESA (德莎) 胶条将 MFC 固定到正确的位置。
- 8) 按压 MFC。然后, 使用树脂刮刀并从中心开始向 MFC 的边缘操作, 尽可能多地从粘层中挤出气泡, 中间存储的额外的环氧树脂胶可有助于完成此过程。
- 9) 使用浸有酒精的布擦拭 MFC 边缘的多余粘合剂。
- 10) 用薄的 (1-2mm) 橡胶 (或不粘) 垫子覆盖 MFC, 垫子的尺寸略大于 MFC 本身, 用 1 层透气布覆盖垫子或整个结构以吸收多余的粘合剂。
- 11) 将结构放入真空袋中, 密封并抽成真空。
- 12) 按照说明固化环氧树脂。
- 13) 取下真空袋, 小心地剥去橡胶垫, TESA (德莎) 胶条和自粘盖箔, 小心避免损坏 MFC 的顶部。

► 定制 MFC

除了制造各种标准尺寸的 MFC 外，我们还提供多种定制 MFC。定制 MFC 具有更复杂的设计，包括单个 MFC 阵列，并且还允许电子元件与 MFC 集成。

例如，用于泵和合成射流的星形 MFC 阵列、S1 和 S2 类型（由用于闭环控制的传感器和致动器元件组成）、用于应变适应的三角形 MFC 以及一些其他 MFC 阵列等。



► MFC 定制设计概述

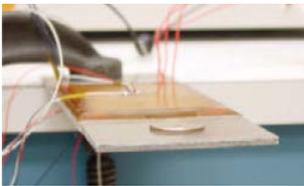
定制 MFC 的更常见原因：

- 以满足精确的机械尺寸以及应变和出力要求；
- 将多个标准 MFC 组合在一个阵列中以节省成本；
- 集成电子元件，例如用于多 MFC 能量捕获的整流器；
- 包括特定的电源线 and 连接器（以避免标准电缆连接）。

MFC 定制设计概述

定制 MFC 尺寸上限	400mm×530mm
MFC 类型	P1, F1, P2, P3
周期	7 周 < 25 片, 8 周 > 25 片
表面薄膜材料	聚酰亚胺, 聚酯
典型厚度	300μm
NRE 费用	取决于所要求的供货时间及最小起订数量

► 应用案例



悬臂梁减震



雷达天线



振动发电



机翼减震 / 除冰

► 应用领域

航天



Aerospace

- ◆ 复合飞机机翼和结构的除冰
- ◆ 直升机旋翼桨叶的振动控制
- ◆ 无人机的方向舵控制
- ◆ 复合体的结构健康监测
- ◆ 翅膀的变形
- ◆ 卫星动臂的振动控制
- ◆ 方向舵的振动控制

土木结构



Civil Structures

- ◆ 土木结构的典型应用
- ◆ 结构健康监测：声学光谱，导波
- ◆ 结构健康监测电子设备的能量收集
- ◆ 离岸应用的能量收集
- ◆ 灵活的应变计
- ◆ 管道结构健康监测

消费品



Consumer

- ◆ 新兴消费品应用
- ◆ 能量收集在体育用品和鞋子
- ◆ 触觉用户界面
- ◆ 能源自主安全装置

汽车



Automotive

- ◆ 汽车应用
- ◆ 扰流板的形状控制
- ◆ 用于用户界面和控制组件的触觉
- ◆ 振动控制
- ◆ 结构健康监测旋转部件
- ◆ 碰撞传感器

工业



Industry

- ◆ 行业应用
- ◆ 应变计
- ◆ 控制点焊机
- ◆ 基于导波的健康监测
- ◆ 高频阀门控制
- ◆ 能量自主遥测设备的能量收集

HVA1500/50 压电纤维片控制器 (高压放大器)



HVA1500/50-1 一通道



HVA1500/50-2 两通道



HVA1500/50-4 四通道

► 特点

- -500~1500V 输出电压
- 电流：50mA DC
- 适用于驱动 P1 类型 MFC
- 带宽 DC 10kHz

HVA1500/50 高压放大器能够传送输出 -500V~1500V 电压，电流可达 50mA DC，可满足驱动 P1 型 MFC。该放大器提供了大信号带宽达 DC 10kHz，具体取决于负载的电容的大小，电压增益为 200V/V。

HVA1500/50 提供了 2 个独立的信号输入，即波发生器输入和音频信号输入，可通过旋钮开关进行选择。高压输出可通过 -2.5V 至 + 7.5V 控制输入控制，放大倍数为 200，频率 0-10kHz 的信号，或通过带有额外增益和偏移控制的独立音频输入控制，音频信号输入接受电压范围为 0.2V 至 3V AC，频率在 10Hz-10kHz 间的音频信号。有 2 个电位器可进行调节音频信号的增益及偏置。监控电路可监控输出电压与输出电流，为输出实际电压的 1/200。两个监控信号都接近地电位，即在无危险电压下。

HVA 1500/50 系列也可作为带有 2,3 和 4 通道的多通道版本。每个通道可以单独操作，并具有与单通道 HVA 1500/50-1 相同的规格。多通道 HVA 1500/50 采用高 19 英寸机架外壳。

► 技术参数

型号	HVA1500/50-1	预热时间	5 分钟
功能	控制压电促动器	输出电压监控	
输出		转换系数	输出电压的 1/200
输出电压范围	-500V~1500V	输出阻抗	1kΩ
输出电流范围	0~+/-50mA DC, 峰值 0-60mA AC	连接器	BNC 同轴连接器
连接器	SHV 连接器	联锁	
波形发生器输入		功能	只有联锁信号关闭，即联锁连接器引脚 1 和引脚 2 连接在一起时，输出电压打开
模拟输入电压范围	-2.5V~7.5V	联锁连接器	三相插座，位于后面板
输入阻抗	100kΩ	信号	引脚 1：输出信号，+5V 引脚 2：输入信号，即联锁信号
信号频率范围	0~10kHz	供电	
连接器	BNC 同轴连接器	额定电压	115/230VAC, 50/60 Hz, 150VA
性能		保险丝	两个缓熔保险丝 1A-2A 用于 230V/115V 供电
DC 电压增益	200V/V, 波形发生器输入，同相	连接器	带熔丝架的标准三相电源连接器
DC 电压增益精度	高于满行程的 0.1%	工作环境	
电压偏移	少于 1V	温度	0~40°C
转换速率	高于 50V/μs	相对湿度	85%，不结露
大信号带宽	DC 10kHz(-3dB)	机械	
时间漂移	少于 100ppm/小时	机箱尺寸	W255mm×H100mm×D400mm
温度漂移	少于 50ppm/°C	重量	10kg

► 标准配置

高压放大器单元 HVA1500/50

线性电源线

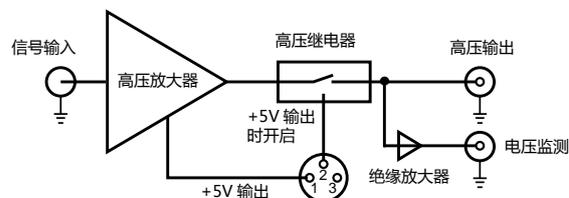
高压电缆 (SHV 插头)

3 引脚联锁连接器

用户手册



联锁连接器



联锁电路工作原理图

板卡式压电纤维片控制器



AMD



AMT

板卡式压电陶瓷纤维片控制器分 AMD 和 AMT 两种型号，此高压电源专为驱动 MFC 压电纤维片而设计。AMD 是双通道输出的高压电源，其中一通道为固定 500V 电压输出，另一通道为可变输出 0-2000V 电压。经过两通道的组合，最终输出一个通道的 -500V 至 1500V 可变电压。

AMT 是三通道输出的高压电源，其中一通道为固定 500V 电压输出，其他两通道为可变输出 0-2000V 电压。经过通道间的组合，最终输出两个通道的 -500V 至 1500V 可变电压。

AMD 与 AMT 板卡控制器是通过使用电压偏置使输出电压范围在 -500V-1500V，以驱动压电纤维片。它们具有两种输入模式：模拟输入和 PWM 输入。

► 性能参数

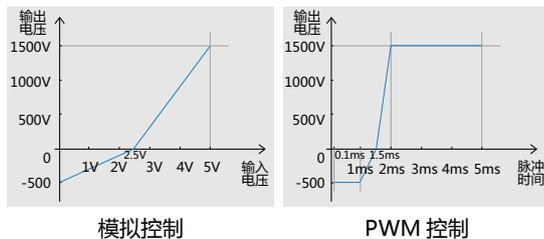
充电时间：带载 5nF 容性负载时，-500V-1500V 充电时间少于 10ms。（充电期间供电端要求 4W 峰值输入功率。）

供电电压：8-15V，具有反极性保护功能，包含自动复位（热）保险。

机械尺寸：最高元件（位于 PCB 的一个边缘）的高度不超过 20mm，元件安装在 PCB 板上下两侧。**注意：PCB 板上下面都存在高压！**

当输入电压降低时，主动放电电路会将存储在 MFC 压电纤维片中的电荷进行释放。放电电路是可控的，可按需进行放电。

控制引脚提供了输入电压与输出电压的线性关系，模拟输入电压 0-5V 对应 -500V~1500V 输出电压，EN 使能开关可关闭所有的电源以减少功率消耗，同时起到安全保护作用。

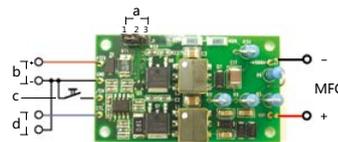


► 应用

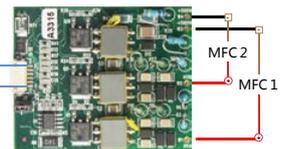
作为驱动压电陶瓷和压电元件的高压电源；要求结构形变的应用，如扰流板，船舵，阀门等。

小型无人机 (UAV)，飞行操纵装置 RF 航模，飞行模型，船模型等。

► 引脚定义



请注意：在 PCB 板上下两面都存在高压



AMD:	AMT:
a: 跳线选择输入模式 1-2：模拟输入 2-3：PWM 输入	① 控制地
b: 供电 8VDC...15VDC 通常 12VDC	② 控制 HVA，1 通道
c: 使能端	③ 控制 HVB，2 通道
d: 输入信号 模拟：0-5V PWM：1ms...2ms/3V	④ /
	⑤ +12Vin
	⑥ 供电地

型号	AMD	AMT
通道数	2	3
标称电压输出 (V)	-500V~1500V	-500V~1500V
输入模拟信号 (V)	0-5 或 PWM	0-5 或 PWM
输出功率 (W)	4/ 通道	4/ 通道
空载满幅值带宽 (Hz)	<30	<30
供电模式 (V)	DC 8-15	DC 8-15
温度范围 (°C)	-40~75	-40~75
外形尺寸 (mm)	32×55×20	75×50×25

SmartCharge 板卡式电荷放大器



板卡式电荷放大器原理是将已接收的电荷转移给高阶、自由泄漏电容器，电荷通过电容，与电荷成正比的电压值将被特殊设计的接近空载的高电阻工作放大器测得，恒定的输出信号可持续达 3 分钟而没有明显的漂移。

► 特性

SmartCharge 是特殊设计的电荷放大器，可用于测量 MFC 的静态或低频形变。

压电材料形变会产生与形变成比例的电荷。简单的将 MFC 等压电产品与示波器或万用表连接，由于示波器/万用表的输入阻抗，会消耗所产生的电荷，信号会消失。

电荷放大器具有非常高的输入阻抗，所以可用来测量电荷，且几乎不会将电荷消耗，所以可以看到输出信号持续时间较长。

敏感度开关允许调整电荷放大器倍数以适应 MFC 产生的电荷范围。所以对于小信号形变，产生的电荷是很低的，在 SmartCharge 输出端就需要更高的敏感度来观看一个显著的电压信号。

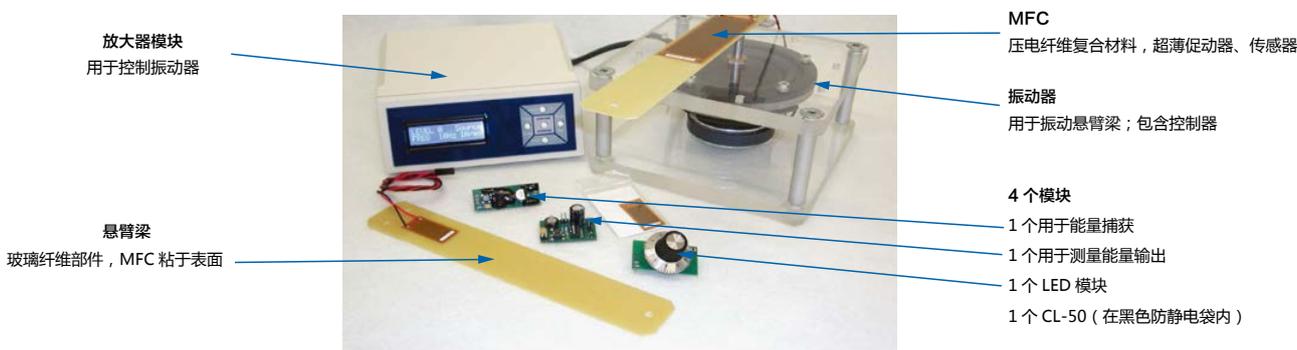
► 技术参数

输入通道数	1 (为 M2807P2 及 M8503P2 进行了优化)
灵敏度	1/10/100 (通过指拨开关切换)
输出	最大 ±2.5V 模拟, 通常 ±1.7V 模拟
供电	6.5~15VDC
尺寸	30mm×20mm (印制电路板)

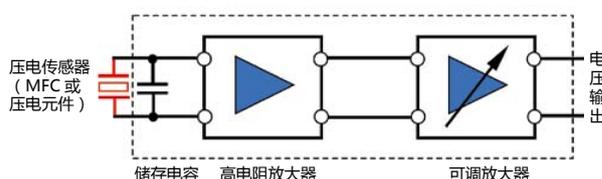
► 适用的传感类型

- P1 MFC (d_{33} 效应)
- P2 MFC (d_{31} 效应)
- 单层压电元件
- 可输出电荷的传感

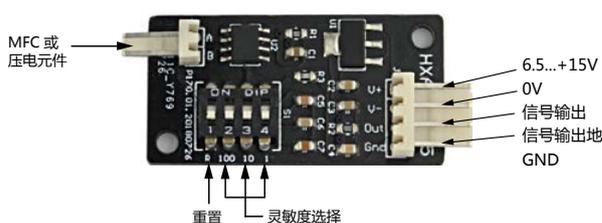
► 能量捕获系统 EH 工具包



► 驱动原理



► 终端与引脚



※注：供电 0V 与信号输出地是不共地的！

► 安装操作

打开 DC 供电 “ON” 和测量设备，如示波器。

将电路板上的重置开关打到 “ON”，可将电容器短接并将输出电压重置为零。

与 MFC 或其他压电传感进行连接（确保压电元件已经短接放电）。

将灵敏度选择器 *1（即放大倍数）打开 ON，并关闭重置开关到 OFF。

电荷放大器可以进行测量 MFC 传感在半静态或动态的形变。可通过 3 个灵敏度选择器开关（*1/*10/*100）调整灵敏度。

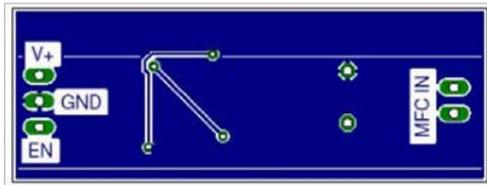
CL50 智能能量收集模块



压电纤维复合材料 MFC 传感器可产生与形变成比例的电荷，可以将这些电荷能量进行收集用于限定的电应用要求。

CL-50 模块是具有高阻抗源特性的 MFC 与用户应用间的接口。在大多数情况下，这种应用是基于微控制器。

► 轮廓



► 原理图



► 参数

电: $V_{out} = 3.3V$; $I_{out\ max} = 40mA$; $W_{out\ max} 0.5-2mJ$ 。

插头 2.54mm 节距 AMP 连接器。

机械尺寸: 长 47mm× 宽 22mm× 深 5mm。

► 使用

将 MFC 连接到模块的 MFC in 端，无预设极性。输出供电端应与 V+ 及 GND 连接。MFC 振动后的能量临时存储在模块中，直到达到某一电平。然后，模块使能开启，提供 3.3V 电压，持续到能量转换结束。On 开启时间取决于用户应用的电流消耗，可通过以下公式计算，

$$t = W_{out} / (3.3V \times I_{app})$$

在电压输出关闭后，模块再次开始存储，存储时间取决于 MFC 或压电元件的能量传输，在一定时间后，电压输出再次开启。

使能 EN 引脚处于低电平时开启。当处于低电平时，被存储的能量进行转换输出，直到内部蓄电池耗尽。

当 EN 处于高电平时，模块开始从 MFC 或压电元件收集能量。

EH300/EH301 智能能量收集模块



EH300/EH301 系列能量收集模块可接受来自多种电能源的能量，并将此能量存储在传统的 3.3V 和 5.0V 电路和系统中。EH300/EH301 系列模块完全自供电，始终处于激活模式。它们适用于低功耗间歇占空比采样数据或基于状态的监控 / 极限寿命应用。

► 使用

瞬时输入电压上限: $\pm 500V$

输入 / 输出功率上限: 500mW

最大平均工作温度: 50°C

湿度: 可达 90% (不结露)

内部电压钳位: 7.0V / 10mA

尺寸 (W×L×H): 14×50×18mm

注意: ESD 敏感设备。在 ESD 控制环境中使用静态控制程序。

瞬时输入电流上限: 400mA

工作温度范围: 0°C 至 + 70°C

存储温度: -40 至 +85°C

输入下限: 0.0V / 1nA

输出电流上限: 1A

重量: 约 14g

► 应用

- 传感器接口电路
- 传感器偏置电路
- 电容和电荷积分电路
- 生化探针接口
- 信号调节
- 便携式仪器

► 技术参数

型号	EH300	EH300A	EH301	EH301A	单位
输出低电平 V_L	1.9		3.1		V
输出高电平 V_H	3.5		5.2		V
充电输入 V_{in}	4.0/200		6.0/300		V@nA 下限
功率消耗 P_D	0.4/0.8	1/2	0.9/1.8	1.5/3	μW 典型 / 上限
有效能量输出 E	4.6	30	3.9	55	mJ 1 个周期
输出接通时间 额定值 $t \times I$	68/25	75/150	80/25	885/150	msec@mA 1 个周期
V_p 输出阻抗 R_{vp}	0.15 ($V_p = 3.5V$)		0.1 ($V_p = 5V$)		Ω
V_R 输出灌电流 I_{rsink}	2.5 ($V_p = 3.5V, V_R = 3.5V$)		5 ($V_p = 5V, V_R = 5V$)		mA
V_R 输出拉电流 $I_{rsource}$	-1.0 ($V_p = 3.5V, V_R = 0V$)		-2 ($V_p = 5V, V_R = 0V$)		mA
输出负载 R_{load}	3.5		5		Ω , 下限 $I_{out} = 1A$
输出电流 I_{out}	1 ($R_{load} = 3.5\Omega$)		1 ($R_{load} = 5\Omega$)		A, 上限
测试环境	$T_A = 25^\circ C$, 未定义的 $V_{IN} = 4.0V$		$T_A = 25^\circ C$, 未定义的 $V_{IN} = 6.0V$		

挑战纳米运动与测控技术的极限...

哈尔滨芯明天科技有限公司

电话：0451-86268790

传真：0451-86267847

邮编：150080

邮箱：info@coremorrow.com

网址：www.coremorrow.com

地址：哈尔滨市南岗区汉广街41号金华大厦6层



官方微信