

振动速度传感器SZ-6 质量保障

产品名称	振动速度传感器SZ-6 质量保障
公司名称	恒泰联测仪器仪表制造(苏州)有限公司
价格	.00/件
规格参数	
公司地址	苏州市吴江区黎里镇城司路158号(注册地址)
联系电话	15950961239

产品详情

振动速度传感器SZ-6是惯性式传感器，它利用磁电感应原理把振动信号转换成电压信号，该电压值正比于振动速度值。可用于测量轴承座、机壳或结构的振动（相对于惯性空间的振动）。可以直接安装在机器外部，使用维护极为方便。中文名振动速度传感器外形尺寸 41 × 92重 量400克使用温度范围-30 ° c~120 ° c频响范围10-1000hz（-3db）幅值线性度<3%横向灵敏度<5%灵敏度20mv/mm/s ± 5%;输出阻抗 1k 绝缘电阻 2m 测量位移1mm（单峰值）振动速度传感器工作原理振动速度传感器是利用磁电感应原理把振动信号转换成电信号它主要由磁路系统、惯性质量、弹簧尼等部分组成。在传感器壳体中刚性地固定有磁铁，惯性质量（线圈组件），用弹簧元件悬挂于壳上。工作时，将传感器安装在机器上，在机器振动时，在传感器工作频率范围内，线圈与磁铁相对运动、切割磁力线，在线圈内产生感应电压，该电压值正比于振动速度值。与二次仪表相配接（如系列，系列仪表以及本公司出品的系列仪表），即可显示振动速度或位移量的大小。也可以输送到其它二次仪表或交流电压表进行测量。产品特点1.输出信号和振动速度成正比，因此对振动测量来说可以兼顾高频、中频和低频的应用领域。并且符合guojibiaozhun（iso）对旋转机器评定参数的要求。2.具有较低的输出阻抗，较好的信噪比，使用方便。3.具有较低的使用频率可以适用于低转速的旋转机器。4.灵活性好，可以测量微小的振动。5.有一定抗横向振动能力（不大于10g峰值）。振动速度传感器SZ-6

行业知识 | 航空发动机用高温压电振动传感器研究应用进展

摘要：高温压电振动传感器是航空发动机健康管理系统振动状态测量的专用特殊传感器，高温压电陶瓷材料是其关键核心敏感元件。与普通传感器相比，由于应用环境复杂，对其在高温长时服役的可靠性与稳定性提出了更高要求。分别综述了航空发动机用高温压电振动传感器及其所用敏感元件压电陶瓷材料的国内外研究应用进展，并结合当前航空发动机振动测量需求对该特殊用途压电振动传感器及压电陶瓷材料的前景进行展望，以期国内高温压电振动传感器及陶瓷材料的研制指明方向。

0引言

测量专用特殊传感器，利用压电材料的正压电效应进行测量，具有自发电、使用温度高、体积小、抗电磁干扰能力强、寿命长、可靠性高等优点，对发动机健康评估、故障预测与诊断起到关键作用。高温压电陶瓷材料是其关键核心敏感元件，与惯性质量块等形成组件，实现振动信号向电信号转换，决定着传感器的使用性能。与普通压电振动传感器相比，由于航空发动机工作环境恶劣且振动监测位置关键，传感器除需具有较高耐温和抗振性能外，还应具备高温长时工作的可靠性与稳定性。同时，随着近年来航空发动机推重比增加和健康监测全面化，对高温度和更宽频响的高温压电振动传感器和压电元件需求更加迫切。

本文分别综述了航空发动机用高温压电振动传感器及其所用敏感元件压电陶瓷材料的国内外研究应用进展，并结合当前航空发动机振动测量需求对该特殊用途压电振动传感器及压电陶瓷材料的前景进行展望，以期国内高温压电振动传感器及陶瓷材料的研制指明方向。

1 高温压电振动传感器

高温压电振动传感器（又称高温压电加速度计），是用高温压电材料作为敏感元件，利用其正压电效应将输入的振动加速度转换为电荷信号输出实现测量。目前，根据装配结构和工作原理不同，高温压电振动传感器主要有压缩型和剪切型两种。压缩型传感器结构坚固，可承受高gn值冲击，但由于压电元件与底座紧密接触，对底座弯曲（应变）较为敏感，内部零件沿敏感轴的热胀冷缩效应会影响传感器信号的输出。与压缩型结构相比，剪切型结构通常具有更高的输出、更小的尺寸、更大的带宽和更低的横向输出，同时由于不直接与压电元件接触，具有更低的瞬变温度灵敏度和更好的温度性能，但对于压电元件的固定存在一定困难。

图1 高温压电振动传感器结构

2 高温压电振动传感器研究应用进展

2.1 国外研究应用进展

随着航空机载振动测量技术的发展，自20世纪50年代，国外就已开始进行高温压电振动传感器研究。20世纪90年代后期，压电振动传感器逐渐在航空发动机（如CFM56发动机）上普遍使用，并逐步替代传统的磁电式振动传感器。目前，国际上系列化高温压电振动传感器的使用温度主要涵盖260、482、538、649、760等不同系列。能够生产出成熟高温压电振动传感器的公司仅有几家且大都集中在美国和西欧，如美国Endevco公司、美国PCB公司、瑞士Vibro-Meter公司和丹麦B&K公司等，特别是美国Endevco公司，其生产的航空发动机专用高温压电振动传感器产品性能优异且能够在高温下长期稳定工作，已成为全航空发动机振动监控的标准传感器。下面介绍几种典型型号传感器：

1) 6233C型高温压电振动传感器：为美国Endevco公司的产品，用于测量燃气涡轮发动机的振动情况，具有灵敏度高、可在482 高温下连续工作、平均无故障时间长等特点。传感器采用Endevco Piezite P-14型敏感元件和中心压缩结构，保证了高输出、的温度稳定性和宽频响测试范围（0.1 Hz ~ 5 kHz）。

2) 6237M70型高温压电振动传感器：为美国Endevco公司的产品，用于飞机燃气涡轮机等超高温环境的振动测量，传感器可在650 的环境温度下连续工作，频率响应范围1 Hz ~ 5 kHz，具有尺寸小、重量轻、平均无故障时间长等特点。传感器采用Endevco Piezite P-15型压电敏感元件和剪切型结构，灵敏轴方向与安装螺钉方向相同。

3) 6240M10型高温压电振动传感器：为美国Endevco公司的产品，可在650 下连续工

作，并间断工作于760 温度下，频响测试范围5 Hz ~ 3 kHz。传感器采用压电单晶和剪切型结构，尺寸小，测试精度高，非常适合于飞机燃气涡轮机的振动测量。

4) 357E90型高温压电振动传感器：为美国PCB公司的产品，用于超高温环境下飞机发动机燃烧室附近振动监测，工作温度649 ，极限工作温度760 。传感器采用压电单晶和剪切型结构，具有体积小、重量轻、工作环境温度高等优点。

5) CA134型高温压电振动传感器：为瑞士Vibro-Meter公司的产品，常用于航空发动机恶劣高温环境下的振动测量，传感器采用VC2型材料作为敏感元件，工作稳定，具有耐高温、体积小、重量轻等特点。

6) CA135型高温压电振动传感器：为瑞士Vibro-Meter公司的产品，用于航空发动机宽频响范围(5 Hz ~ 12 kHz)振动状态测量，传感器采用PZT基压电陶瓷和剪切型结构，使用温度260 ，灵敏度高，稳定性好。

7) 8347—C型高温压电振动传感器：为丹麦B & K公司的产品，采用剪切型结构设计，可用于航空发动机、工业燃气轮机、核电站、变速箱等严苛工作环境的振动测量。传感器采用加固的两针TNC连接器，平衡差分输出连接，具有宽温度(-196 ~ 482)和频响(1 Hz ~ 12.8kHz)测量范围、可靠性与环境适应性高等突出特点，是目前上一种可在482 实现宽频响测量的压电振动传感器。

表1为上述几种典型高温压电振动传感器及性能指标。

表1 国外典型高温压电振动传感器性能指标

2.2国内研究应用进展

国内传感器研制和生产单位目前已能够生产出多种规格系列的振动传感器产品，但大多仅用于常温测试使用。对于高温压电振动传感器的研究始于20世纪70年代，主要还是为了满足航天技术发展的需求。近年来，随着对航空工业的大力支持和航空发动机振动测量需求的逐渐提高，军工类生产单位如国营七一厂、国营六一厂、中电26所等，民营企业如慧石（上海）测控科技有限公司、厦门乃尔电子有限公司等均开展了高温压电振动传感器的研制和生产工作，典型牌号有GGZ—9，GGZ—10，GGZ—25，GGZ—26，GGZ—34，GGZ—35等，部分产品已实现应用。然而，目前国内航空发动机用高温压电振动传感器产品种类较为单一，仅具备260 和482 两种系列传感器的研制生产能力，部分传感器长时使用尚存在灵敏度漂移现象，可靠性、稳定性和长时高温工作性能等方面与国外同类产品相比尚存在一定差距。对于高温宽频压电振动传感器（-55 ~ 482 ，1 Hz ~ 12.8 kHz）和650 以上的超高温压电振动传感器尚未研发成功，诸多技术瓶颈尚未掌握。此外，与国外传感器研制生产单位不同，国内传感器研制生产单位尚未形成从压电元件到传感器的完整链条，一定程度上影响了传感器研发周期。

3高温压电陶瓷材料

高温压电陶瓷材料是高居里温度、高压电系数、高电阻率和低介电损耗，且能够在较高温度下稳定使用的压电陶瓷材料。作为高温压电振动传感器的核心敏感元件，高温压电陶瓷材料在航空、航天、核能、冶金、石油化工、地质勘探等领域需求广泛。根据晶体结构不同，高温压电陶瓷材料主要包括钙钛矿结构、钨青铜结构、铋层状结构和钙钛矿层状结构等4种。表2对比列出了不同体系压电材料与压电振动传感器应用相关参数，其中使用较为广泛的是以PZT基为代表的钙钛矿结构压电陶瓷材料和铋层状结构压电陶瓷材料。

表2 不同体系压电材料与传感器应用相关参数

PZT基压电陶瓷材料居里温度 T_c 较低（300 ~ 400 ），但压电系数 d_{33} 大（300 ~ 700 pC/N），主要用于200 以下系列传感器；铋层状结构压电陶瓷材料 T_c 较高（500 ~ 940 ），但压电系数 d_{33} 偏低（约20 pC/N），可用于400 以上系列传感器。针对更高温使用环境，压电晶体由于没有高温相变，表现出高电阻率和宽使用温度范围，常用于650 及以上超高温压电振动传感器，但生产加工成本相对较高，压电系数也较低（ < 10 pC/N）。综合比较材料性能和当前传感器实际需求，铋层状结构压电陶瓷材料是高温压电振动传感器核心敏感元件的优选材料，也是482 高温压电振动传感器的通用材料和650 超高温压电振动传感器的候选材料，具有极高的研发应用潜力。Bi₄Ti₃O₁₂、CaBi₄Ti₄O₁₅、Bi₃TiNbO₉、CaBi₂Nb₂O₉、SrBi₄Ti₄O₁₅、SrBi₂Nb₂O₉等均是可用于传感器的铋层状结构压电材料。然而，铋层状结构压电陶瓷材料在研制生产中也存在一些技术难点：1）矫顽场强太高、不利于极化，批量极化技术难度大；2）压电活性较低，压电系数较小，导致传感器件的频率响应范围变窄；3）压电响应的温度稳定性较差，导致传感器件的长期使用温度大幅降低。铋层状结构压电陶瓷材料的改性提升是当前压电陶瓷材料研究的主要方向。

4高温压电陶瓷材料研究应用进展

4.1国外研究应用进展

目前，国外应用于压电振动传感器的陶瓷材料主要有美国PiezoTechnologies公司的K-12，K-15，丹麦Ferroperm公司的Pz46，美国TRSTechnologies公司的BT200、日本FujiCeramics公司的F-100等，传感器研制生产商如Endevco公司、Vibro-Meter公司等也自主研发了适用于高温工作的压电陶瓷材料P-10，P-14，P-15，P-21等。其中，对应于高温振动测量需求，公开资料显示：K-12，K-15，P-14，P-15和Pz46 是高温压电振动传感器选用的典型牌号材料，除P-15外，其它材料均为铋层状结构Bi₄Ti₃O₁₂改性的压电陶瓷材料。产品技术现状和应用情况如下：

1）K-12型高温压电陶瓷材料：为美国Piezo Technologies公司的产品，居里温度达到820 ，可在593 长时工作，760 短时工作，高温稳定性能优异。该材料已成功应用于丹麦B & K公司482 高温压电振动传感器（8324、8347-C等），美国Endevco公司538 高温压电振动传感器（522M17，522M25等）。

2）K-15型高温压电陶瓷材料：为美国Piezo Technologies公司的产品，居里温度大于600 ，全使用温度范围内均具有稳定的压电活性。除拥有K-12的优异性能外，该材料压电系数 d_{33} 提高50%。K-15型高温压电陶瓷材料已成功应用于美国Endevco公司482 高温压电振动传感器（6233C-10 /50 /100等），丹麦B & K公司482 高温压电振动传感器（8324等）。

3）P-14型高温压电陶瓷材料：为美国Endevco公司的产品，电荷灵敏度高且具有超高居里温度点，温度范围可达-50 ~ 540 。用该材料制成的传感器既用来测量低振动量级的振动，又可在高低温下不加冷却或温度补偿进行测量，稳定性优异。P-14型高温压电陶瓷材料已批量化应用于美国Endevco公司482 高温压电振动传感器（6233C—10 /50 /100等）。

4）P-15型高温压电陶瓷材料：为美国Endevco公司的产品，为铈酸锂系陶瓷材料，具有高电荷灵敏度且可用于极高温度（ T_c 1188 ），目前用其已制造出全温度的压电振动传感器，温度可达760 。美国Endevco公司6240M10等高温压电振动传感器均使用该材料。

5）Pz46型高温压电陶瓷材料：为丹麦Ferroperm公司产品，居里温度大于600 ，使用温度可达550 。其显微结构致密、晶粒大小均匀，同时其压电性能和电阻率具有优异的温度稳定性，已成功应用于美国Endevco公司482 高温压电振动传感器（2248，2276等）。

4.2国内研究应用进展

在国内，中国科学院上海硅酸盐研究所、四川大学、同济大学、山东大学等单位针对高温压电振动传感器用铋层状结构压电陶瓷材料也开展了系列化研究，取得了阶段性成果，并实现小批量生产。其中，中国科学院上海硅酸盐研制的CBT材料是国内早实现小批量应用的高温压电陶瓷材料，具有高居里温度和高压电系数特点，长期使用温度范围 $-55 \sim 482$ 、压电系数 $d_{33} = 18 \text{ pC/N}$ 。但与国外先进压电陶瓷材料相比，在长时温度稳定性、机载环境适应性等方面尚存在一定差距，亟待进一步提高压电陶瓷材料压电性能、电阻率、高温工作特性和温度稳定性等性能，以满足航空发动机健康管理系统振动测试发展需求。

表3为上述国内外典型高温压电陶瓷材料性能指标。

表3 国内外典型高温压电陶瓷材料主要性能指标

5结束语

近年来，随着航空发动机健康管理系统振动状态监测日益受到重视，高温压电振动传感器需求量逐年攀升，高温压电陶瓷材料的应用范围也越来越广。高温压电振动传感器及压电陶瓷材料在航空发动机及其他高温振动监测领域必将拥有广阔的市场应用前景。然而，国内压电振动传感器及陶瓷材料研制生产单位应加大以下几方面研究。

1) 加大可靠性研究，解决制约高温压电传感器性能的根本原因，提升260 和482 系列传感器可靠性和长时高温工作性能；

2) 开展高温宽频压电振动传感器 ($-55 \sim 482$, 1 Hz ~ 12.8kHz) 和650 以上的超高温压电振动传感器研发，突破振动传感器技术瓶颈；

3) 提升高温压电陶瓷材料长时工作稳定性、机载环境适应性，进一步提高压电陶瓷材料压电性能、电阻率、高温工作特性和温度稳定性等性能，满足航空发动机健康管理系统振动测量发展需求；

4) 加强高校、科研院所及生产单位的产学研合作，尽快形成从压电元件到传感器研发、生产、测试的完整产业链条，加快国内振动传感技术发展。