脉动特性。

在专门组织的分组会上，讨论了湍流特性的测量方法和添加物（聚合物、表面活性物质）及其溶液的物理化学性质问题。

会议期间举办了测量装置展览会，展览了测量湍流特性的仪器，设计和制造这些仪器的单位是国立顿尼茨大学、苏联科学院高温研究所、以M.N.Калинин命名的列宁格勒工学院、以C.M.Киров命名的国立哈萨克大学，基什涅夫电子仪器研究所。

会议表明，从上次在兹维尼戈罗德举行的会议以来的两年中，关于湍流问题的研究，不仅在基础理论研究和实验研究方面，而且在解决具体的国民经济任务的实际问题方面，都取得了一系列重要成果。除此以外，这次会议指出，现有的研究队伍和物质技术条件都不能满足高速发展的工业和国民经济的需要。

会议决定，在尽可能短的时期内举行专门会议，讨论应用计算技术研究湍流问题的基本方向。会议认为，必须进一步发展用聚合物和表面活性物质添加剂减小阻力的理论和试验研究。

会议决议，将此次会议的论文出版专门文集，由《科学》出版社出版。

会议认为，每年举行一次湍流问题的全苏会议是适宜的。

译自И.Л.Повх, А.Б.Ступин, Проблемы турбулентных потоков жидкости и газа, Всесоюзная Конференция в Донецке, *МЕХАНИКА ЖИДКОСТИ И ГАЗА*, 2 (1978), 207—208.

（程屏芬译　晏名文校）

# 量程从$10g^5$—$10g^6$分辨时间为毫微秒的加速度计和速度计

本文介绍一种能同时测量材料受到非常迅速脉冲加载的加速度和速度的一种压电加速计。加速度信号是从测量压电片的短路电流变化率获得的，压电片与被加速的表面接触。该装置能测量的最大加速度大约比通常加速度计能测的最大加速度能力大五倍以上。

当材料承受到迅速的脉冲载荷时，如碰撞，爆炸或能量的突然释放产生的载荷，材料的机械性能反映了材料对这种载荷的惯性响应。通常，这种响应决定于与速度有关的物理性质，如粘弹性或粘塑性，有限的化学反应速度，多晶材料的相变速度，或多相材料组成的影响。这些作用产生的分布图反映了与速度有关的性质。不只是简单的冲击波，而且这个波的分布图可以包括质点速度的连续变化。为了表示这个基本的整个速度过程，必须具备质点的加速度和速度的数据，但是过去还没有一种装置能在这样剧烈的加速度加载下，以几个毫微秒时间直接测量加速度。

本文就是叙述一种能测量这样加速度能力的加速度计。该装置能测量加速度从$10^5g$～$10^{10}g$具有五个十进量程，而测量的加速度具有几个毫微秒时间的分辨能力。输出信号电平典型为数百毫伏，而全部精度约为5％。有源的元件是常用的电流型压电晶体片，它的性能在早先的著作中已经广泛研究过。

直接依赖于加速度的信号是从一个有限差分电路获得，该电路提供一输出电流变化率信号。电流变化率△和加速度之间的关系符合如下等式：

$$\triangle \cong \frac{\triangle i}{\triangle t} \approx \left(\frac{du}{dt}\right)\left(\frac{di}{du}\right) = a\left(\frac{di}{du}\right) \qquad (1)$$

式中i是电流，t是时间，u是质点的速度，而a是质点的加速度。电流和质点速度之间的关系是从以前推导的叙述脉冲加载的压电晶体片产生短路电流的原理获得。在一维情况下，恒定应变时可以不计电流变化，表示为，

$$i = \frac{P_s AU}{l} = \frac{AU}{l}\left[e_{11}\frac{u}{U} + \frac{1}{2}b_{111}\left(\frac{u}{U}\right)^2\right], \quad 0<t<t_0 \qquad (2)$$

在方程（2）中，$P_s$是应变诱发的（压电）极化强度，A是电荷收集电极的面积，U是恒定的波速，$l$是片的厚度，$e_{11}$是适当的二阶压电应变常数，$b_{111}$是是三阶应变常数，而$t_0$是波通过片厚度传播的时间。

若把方程（2）的导数代入方程（1），则电流



© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

变化率和加速度之间的关系是

$$\frac{l\triangle}{A}=e_{11}a+\frac{u}{U}b_{111}a \qquad (3)$$

如果应变u/U小到可以不计，或者敏感元件是线性的压电晶体，如$b_{111}=0$，那么加速度是电流变化率的线性函数，

$$a=\frac{1}{e_{11}}\ \frac{l}{A}\triangle \qquad (4)$$

若加速度是常数，则

$$a^2+\frac{e_{11}u}{tb_{111}}a-\frac{lU\triangle}{tAb_{111}}=0 \qquad (5)$$

在通常的加速度情况中，等式$u=\int adt$代入方程（3）得到逐点的加速度解。对于二阶和三阶压电应变常数的适当数值能从前面对石英和铌酸锂性能的研究获得。

加速度计和速度计轮廓略图表示在图1中。有源的元件是按过去研究确定的规则构造的。

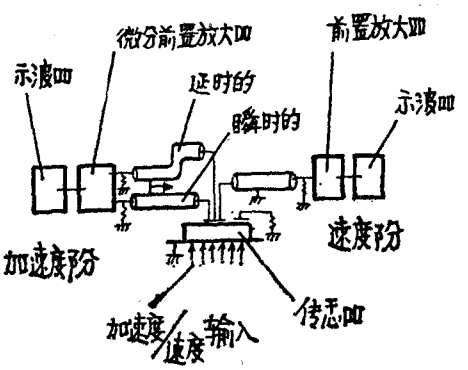


图 1

图1加速度计和速度计是装在保护环结构中的一片压电晶片。输出电极是接到三根同轴电缆上。一根电缆监视输入电极的速度产生的电流。其余二根电缆选择不一样长，以致电流的脉冲信号在二根电缆之间达到的时间不同。用一个微分的前置放大器在延时期间产生一取决于电流微分的信号。这个微分取决于输入电极的加速度。

传感器的输出电极是接到三根低衰减（损耗）的同轴电缆。有一根电缆是截止并接到示波器的输入，通常用以测量输入电极的速度或应变。该输出称为“速度部分”，这是因为该信号给出有关速度的数据。

加速度部分是由二根同轴电缆和微分前置放大器组成。这二根电缆中有一根是延时电缆，选择得比这对电缆的另一根长些，所以瞬时和延时的电流脉冲都输到微分前置放大器。延迟时间可选择从不到一个毫微秒延时到许多毫微秒。由加速度部分的输出是个电流变化的信号△，即是瞬时信号和延迟后电流脉冲之间的差。

为了证实该装置的能力，要做两个实验。把可调的加速度通过玻璃硅缓冲，在大面积上冲击加载加给传感器。玻璃硅的纵向三阶弹性常数是与常用的材料符号相反，而输入的阶跃载荷衰减为线性斜坡，其斜率与传播距离成反比。

进行的两个实验具有输入加速度，约为$5\times10^8$米/秒$^2$和$1.1\times10^9$米/秒$^2$。延时时间选用13.5和5.5毫微秒。图2表示较低的加速度实验时速度部分和加速度部分的记录曲线。表示在右图的电流变化率信号，很快上升到初始值，然后随时间慢慢增加，而后向下减小到零。在右边的电流曲线表示与电流变化率曲线一致的特点，但是还不详细。

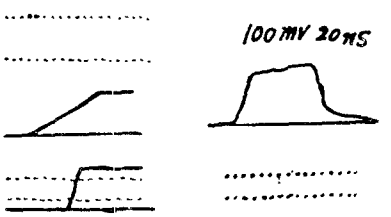


图 2

图2表示当装置受到大约$5\times10^8$米/秒$^2$的恒定加速度脉冲时加速度计和速度计输出的同时实验记录。在左边中间的曲线是电流脉冲，并取决于输入电极的速度。在右边中间曲线是表示电流变化率的脉冲，并取决于输入电极的速度。在右边中间曲线是表示电流变化率的脉冲，并取决于输入电极的加速度。在每个记录的底下是具有20毫微秒周期的时标波形。速度脉冲的输出信号大约是6伏，而加速度脉冲输出信号大约是400毫伏。

按照方程（3），在全部$e_{11}$常数内电流变化率的初始值与加速度相关，而电流变化率的线性斜坡表明是恒定的加速度，并且在全部压电常数$e_{11}$和$b_{111}$内是与加速度相关的。

在较低的加速度情况下（图2），测得的加速度与同时速度测量微分获得的加速度符合到2%，而在较高加速度情况下为7%。（较高的加速度实验曲线符合不好是因为传感器和试样之间粗糙的结合所致）。在测量的加速度和过去公布的用VISAR光学速度干涉仪装置测量的速度计算出的数值之间近似吻合。



© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

所提出的这种装置是根据直接地并且相当简单地测量电流变化率的方法。显著的信号电平，好的精度，和时间的分辨率都表明性能很好。容易选择的时间微分基线具有良好的多用性。但是，石英和铌酸锂的明显的特性已经广泛研究过，并且不需要进一步确立本身工作的限制条件。

非线性压电常数的明显影响（如图2中电流变化率△增加17%）主要在这些常数的精确值。虽然三阶纵向压电常数对于X切割的石英来说是精确地已知的，但是对于铌酸锂这些常数就不是精确已知的。对于加速度进行量程较低测量时，需要用铌酸锂的较大压电常数才能产生较大的信号，对三阶常数缺乏了解，明显地限制了该装置的精度。

原理上，虽然其他装置（如VISAR）能以很好的时间分辨率测量速度，也能用相似的电路完成加速度的测量，但它产生的信号电平太低，不便于测量。

仅根据传感器和电缆的延时系统的特性来估计加速度的上限以及时间分辨率的下限。目前可用的微分前置放大器由于毫微秒的上升时间限制了精确测量的能力。到目前止，已改进的前置放大器的能力，加速度的上限数量级约小于该装置$10^{10}$g的能力。

（参考文献略）

译自：*Applied Physics Letters* 30, 7, (1977,4), 307—309.

（中国计量科学研究院　林　劲　译）

（上接第44页）

〔10〕司徒敏宁，测量平面气流的热线风速仪，一机部汽轮机锅炉研究所试验研究报告（1965）。

〔11〕梅自省，热线风速仪研制小结，南京航空学院科研资料，总编号2050号（1965）。

〔12〕汪训昌，低风速分度与校正设备——旋臂机——的制造研究，清华大学研究生毕业论文（1965，9）。

〔13〕上海工学院，射流元件的动态测试，仪器仪表通讯，（1971，5），20—27.

〔14〕王兴安，测量平均流速及平均气温的热线风速仪试制小结，南京工学院内部资料（1964）.

〔15〕程　刚，定温式热线流量计，电子科学技术，（1978），40—41页.

〔16〕南京工学院工业热工教研组，热线风速仪（1965.11）.

〔17〕王兴安，空气沿水平板混合对流放热及热线风速仪的研制，南京工业学院研究生毕业论文（1966.5）.

〔18〕力学所一室气膜冷却研究组，化冶所射流组，用热膜风速仪对气膜冷却流场湍流强度的测量，力学情报，4（1976），19—33.

〔19〕E.R.G.埃克尔特，R.M.德雷克，传热与传质，科学出版社（1963）.

〔20〕杨世铭，陈大燮，传热学，中国工业出版社（1965）.

〔21〕Deacon, E.L., Samuel, D.R., A Linear Temperature Compensated Hot-Wire Anemometer., *J.S.I.*, 34, January (1975), 24—27.

〔22〕Кочурин, Л.Г., Ли Сан-Ген, Типовой Расичет《Вопросы Турбуленой Диффузии В Приземном Слое Атмосферы》, Труды Ленинградскии Гидрометеорологический Инсртитут, (1963), 214—219.

〔23〕Горлин, С.М., Слезингер, И.И., 《Аэромеханические Измерения》(1964)

〔24〕DISA 55M系统，丹麦电子仪器展览会资料（1975）.

〔25〕Hollash, K., Gebhat, B., *J.of Heat Transfer, Trans.ASME, Series.C*, 94, 1 (1972), 12—22.

〔26〕Zeldin, B., Schmidt, F.W., *R.S.I.*, 41, 9 (1970), 1373—1374.

〔27〕Zeldin, B., Schmidt, F.W., *J.of Heat Transfer, Trans.ASME, C*, 94 (1972), 211.

〔28〕Runstalder, P.W., 《Symposium on Measurement in Unsfeady Flow》, (1962), 83—84.

〔29〕Koppius, A.M., Trimes, G.R.M., *Int.J.Heat Mass Transfer*, 19 (1976), 967—974.



© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net