

文章编号: 1005—8893 (2001) 04—0062—03

相位比较法在声速测量中的应用^{*}

曹建庆¹, 江兴方²

(1. 常州信息职业技术学院 基础课部, 江苏 常州 213015; 2. 江苏石油化工学院 信息科学系, 江苏 常州 213016)

摘要: 介绍了在声速测定实验中利用声速测定仪、双踪示波器、低频信号发生器等实验仪器, 提出了测量声驻波相位的一种直观方法。采用信号发生器发出的信号直接输入 Y_1 , 将接收器接收到的信号输入 Y_2 , X 轴仍输入扫描信号。在测量声压驻波振幅变化规律的同时与原信号的相位进行比较, 可看到相位发生变化的规律。从而证实驻波相位的特点, 在相邻 2 个波节间的各点同相, 而位于 1 个波节的 2 侧的 2 点反相。用李萨如图形法测量声速误差较小。

关键词: 驻波; 相位; 双踪示波器; 声速测量仪

中图分类号: O 42 **文献标识码:** A

声波是一种在弹性媒质中传播的机械波, 因其振动方向与传播方向一致, 故声波是纵波。振动频率在 (20 ~ 20 000) Hz 的声波可以被人们听到, 被称为可闻波, 频率在 20 kHz 以上的声波称为超声波。声波的波长、强度、传播速度、频率、声压衰减、相位等是声波的重要特性。对声波特性的测量是声学在应用技术的一个重要内容, 特别是声波波速 (简称声速) 的测量, 在声波定位、探伤、测距等应用中具有重要意义^[1, 2]。

声速的测量可分为 2 类, 第一类是测量距离 L 和时间间隔 t , 根据 $v = L / t$ 算出; 第二类是测出频率 f 和波长 λ , 根据 $v = f\lambda$ 算出。文献 [3, 4] 讨论了利用驻波振幅极值法和李萨如图形相位法测量声波的波长进而计算出声波的速度。本文主要介绍使用双踪或者四踪示波器在使用驻波极值波测量振幅的同时比较相位, 测出声波的波长, 进而计算出波的速度。

1 相位比较法测量声速

实验装置如图 1 所示, 用钛酸钡或锆钛酸铅等制成的压电陶瓷片 (亦称压电换能器) 粘接在阶梯形的变幅杆 (S_1), 并与晶体管激发电路相联接组

成发射器 (其频率在 20 kHz ~ 100 kHz)。因变幅杆 S_1 的直径较大, 当其振动时在空气中激发出超声波, 在离变幅杆端面 S_1 稍远处的声波可以看成是平面波。接收器也是用钛酸钡或锆钛酸铅制成的圆片 S_2 并与晶体管选频放大器、直流电源等相联接所组成。激发电路的信号输出端与双踪示波器的 Y_1 输入端相联接; 接收器的信号输出端与示波器的 Y_2 输入端相联接。当 S_2 在支架上移动时, 我们可以在示波器的荧光屏上看到两条曲线, 一条对应于激发电路输入到 Y_1 的信号, 而另一条对应于接收器接收到并经 Y_2 输入的信号。

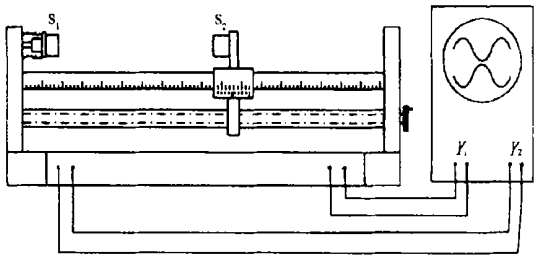


图 1 实验装置图

声波是振动状态在弹性媒质中的传播 (或说成相位的传播), 所以沿波的传播方向上各质点的振动相位是不同的。沿波的传播方向上任意 2 点的振

^{*} 收稿日期: 2001—09—18

作者简介: 曹建庆 (1953—), 男, 上海人, 高级讲师。

动状态相同时（或说成相位差时 $\Delta\varphi=2n\pi$ ），这 2 点的距离 $L=n\lambda$ 。

当 S_2 在某一位置时， S_1 与 S_2 间的距离等于波长的整数倍时，此时屏幕上看到的图形如图 2（a）所示。这说明 S_2 接收的信号与激发电路（即声源）输出的信号同相。（需要指出的是，用示波器测定相位时，接收器端面 S_2 处的声波，因换能器振动的传递和放大线路的相移，实际上与声源并不同相，而是有 1 个相位偏移，但对波长的测定并无影响）。此时 S_2 的位置可在标尺中读出，记为 x_1 。当 S_2 远离 S_1 移动时，图形保持不变，当 S_2 远离 S_1 为 $\lambda/4$ 时，相位差基本没有改变，说明 S_2 接收到的信号保持与图 2（a）所示的相似相位。当 S_2 由图 2（a）位置移动将近 $\lambda/2$ 时， S_2 接收到的信号产生迅速改变，直到 $\lambda/2$ 时，图形如图 2（b）所示，此时 S_2 的位置记为 x_2 ，与图 2（a）反相。当 S_2 继续远离 S_1 ，图形不变，其间 S_2 远离 S_1 为 $3\lambda/2$ 时，其相位差没有改变，保持与图 2（a）反相，直到 S_2 远离 S_1 接近 λ 时，图形迅速改变成与图 2（a）同相的图形，如图 2（c）所示。此时 S_2 的位置记为 x_3 。这样，依次记录反相、正相的位置，填写入表 1 中，计算出声波长。

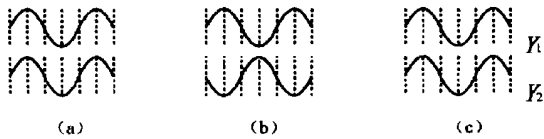


图 2 相位变化示意图

表 1 比较相位法实验数据 单位: mm

反相	同相	反相	同相
15.262	20.018	24.075	28.394
32.355	36.428	40.485	44.235

实验中，产生相位急剧变化的范围约为 $\lambda/16 \sim \lambda/8$ ，由此可见，证实了驻波的特点。在驻波的相邻 2 个波节间的所有质点具有相同的相位，而在 1 个波节两侧的 2 个点，具有相反的相位。

利用逐差法可以算出波长为 8.219 mm，频率为 43.1 kHz，得速度为 354.2 m/s，与当天气温 18℃ 的理论值相比 $v=\frac{\sqrt{273.15+18.0}}{273.15}=342.2\text{ m/s}$ ，误差为 3%。

2 用 Lissajous 图形法测定波长

用 Lissajous 图形法也能测定波长，实验方法是，这里将声波激发电路（即声源）的信号输出端接到示波器 X 轴输入，将接收器的信号输出端接到示波器的 Y 轴输入。在屏幕上合成 1 个 Lissajou 图形。如图 3 所示。

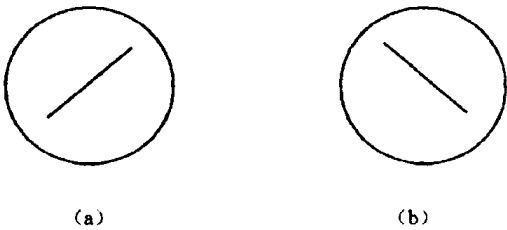


图 3 Lissajous 图形

实验中当 X 轴输入的信号与 Y 轴输入的信号相位相同时，产生图 3（a）所示的 Lissajous 图形，当相位相差 π 时，产生图 3（b）所示的图形。这时记录下产生这 2 种图形时的 S_2 的位置坐标。填入表 2，并计算出声波波长与声速比较。

表 2 Lissajous 图形法实验数据 单位: mm

同相	反相	同相	反相	同相
4.032	8.024	12.083	16.052	20.079
20.079	23.923	28.048	31.973	36.206

利用逐差法，计算出声波的波长为 7.978 mm，计算出的声速为 343.85 m/s，误差为 0.5%。

3 讨 论

2 种相位法测定声速，其中 Lissajous 图形法较为准确，用双踪示波器比较相位法进行实验，能验证驻波的相位关系，比较直观，说服力强。

参考文献:

[1] 张三慧. 光学 近代物理 [M]. 北京: 清华大学出版社, 1997. 70—89.
[2] 蒋焕文, 孙续. 电子测量 [M]. 北京: 中国计量出版社, 1994. 165—179.
[3] 丁慎训, 张孔时. 物理实验教程 [M]. 北京: 清华大学出版社, 2000. 258—261.
[4] 张力. 大学物理实验 [M]. 上海: 上海交通大学出版社, 1988. 88—92.

The Application of Method of Phase in Measuring Velocity of Sound

CAO Jian—qing¹, JIANG Xing—fang²

(1. Department of General Courses, Changzhou Institute of Information Technology, Changzhou 213015, China; 2. Department of Information Science, Jiangsu Institute of Petrochemical Technology, Changzhou 213016, China)

Abstract: This paper puts forward a method in the experiment of measuring sound velocity with sound velocity measuring apparatus, double—trace oscillograph, and low frequency signal generator. In the method it puts the sign from low frequency signal generator into Y_1 of double—trace oscillograph. It puts the sign from receiver of sound velocity measuring apparatus into Y_2 of double—trace oscillograph. The sign X is a scan sign. We can view the transformation law of the phase of the sound standing wave in the experiment. All the points between the two nodes are in the same phase. The two points on the two sides of a node are in reverse phase. The experiment error of sound velocity measuring is very small with lissajous figures.

Key words: standing wave; phase; double—trace oscilloscope; sound velocity measuring apparatus

简 讯

《金湖县石化机械产业技术政策研究》软科学项目通过省级技术鉴定

由我院与金湖县科技局联合承担的江苏省科技厅软科学项目《金湖县石化机械产业技术政策研究》(BR20000049), 最近通过了省科技厅组织的技术鉴定。

课题组查阅了大量的国内外文献, 收集并分析了我国石油化工行业的“十五”发展规划, 了解了国家石化行业的产业政策和“十五”发展目标及重点, 详尽分析了国外石油石化机械装备的最新动态和高技术产品, 以供金湖县石化机械产业提供借鉴和参考。

通过“石油机械应用与发展前景调查表”, 向油田、科研单位及制造厂相关专家广泛调研, 并结合文献情况综合分析, 找出了目前我国油田应用量最大的中小型石油机械产品 91 种, 指出了有发展前景和市场空间的石油机械产品 82 种, 同时还找出了化工行业急需的机械装备, 对金湖县石化机械的发展和产品的选择提供参考。

认真分析了金湖县石化机械产业的特点和水平, 分析了其强项和弱点, 提出了该县发展石化机械所主攻的方向和目标, 并提出了发展金湖县石化机械产业的 5 条建议 and 对策。

来自石油大学, 中国石油勘探开发研究院, 江苏油田, 上海海洋石油局等单位的专家、教授对该项研究成果给予高度评价。一致认为: 该项目研究工作细致认真, 资料翔实, 研究方法严谨科学, 结论可信。该项成果不仅对于金湖县石化机械产业技术政策的制订具有积极的指导作用。而且对我国石油和石化机械产业的发展具有良好的借鉴和参考作用, 该项成果在国内同类研究中处于领先水平。

科技处