

画在了一起,以将成像结果与实物比较。

从图 6-11 可以看到,脉冲前沿图像与实物缺陷的上部吻合较好,从图 11 可以看到横向分辨率和纵向分辨率均可达到 4 mm,按波长 2.6mm 计算,分辨率可达  $1.5\lambda$ 。对于平底槽,成像结果与实物吻合非常一致,而圆柱横穿孔稍微有些偏差,但可以区分开平底槽和横穿孔。

## 五、结 论

对 SAFT 成像我们提出了“平面探头发射、聚焦探头接收”的信号发射接收方案,并研究了它的可行性。发射接收探头分开的优点是:缺陷在固定的人射波照射下所产生的散射场不受接收探头移动的影响,这样便于缺陷的精确重建。用平面探头作为发射换能器,使平面波把缺陷“照得更亮”一些,用聚焦探头作为接收换能器可以近似于点接收源,因为它有较宽的指向性<sup>[6]</sup>,又有精确的接收位置,从而使成像效果较好。

对三组试块进行了实验,实验结果与实物吻合较好,其纵向和横向分辨率均可达  $1.5\lambda$ 。由于没有制作足够多的试块,我们未能确定本

方案所能达到的极限分辨率,这一点有待于以后的进一步探索。

同采用我们自己制作的聚焦探头又发又收的结果相比,本方案明显地提高了信号的信噪比。但本方案的不利之处是:① 安排发射探头和接收探头的位置比较困难;② 渡越时间的计算比较麻烦。在成像实验中大部份都用软件实现,因此实时能力较差,成一幅图像的时间需要 40—90 分钟。

## 参 考 文 献

- [1] Neumann Barbian, 无损检测译文选(中科院声学所等译),11—22.
- [2] Schmitz, Muller, Schafer, 无损检测译文选(中科院声学所等译),55—67.
- [3] Bojarski, *IEEE Trans, Antennas and Propagation*, AP-30-5 (1982), 980—989.
- [4] Burckhardt, Grandchamp, Hollmann, *Acoustical Holography*, 5 (1974), 391—413.
- [5] Doctor, Hall, Reid, *NDT International*, 19-3 (1986), 163—167.
- [6] Schmitz, Line Synthetic Aperture Focusing Technique, Izfp Report, 1981.
- [7] Busse, Collins, Doctor, Nuclear Regulatory Commission Report NUREG/CR-3625, March 1984.
- [8] Burch, Burton, *Ultrasonics*, 27 (1984), 275—281.

# 用超声多普勒方法检测感光乳剂中的气泡

严仁博 黄振伊 郭成彬 宋凤臣 王秀芬

(中国科学院声学研究所)

1990 年 3 月 20 日收到

利用超声多普勒方法能检测出直径小至  $80\mu\text{m}$  的感光乳剂中的单个气泡。介绍了装置的原理。考虑到测量管中流场不稳定性和声场分布的影响,给出测量管的结构设计,试验结果是符合预计的。

## 一、引 言

在感光胶片的生产过程中,要求能有效地检测出即将涂布于片基上的乳剂所含的气泡,

以保证产品质量,降低生产成本。实际上在化工等其他一些生产领域中,常需要对各种不同性质液体进行消除气泡的工艺处理,因之气泡检测在这些领域也有着广泛的应用前景。国内也曾报道用超声连续波穿透法检测感光乳剂中

的气泡,其灵敏度足以测出直径大于 0.4mm 的气泡<sup>[1]</sup>。我们用超声多普勒方法,在胶片生产线上能测出乳剂中直径小至 80 $\mu$ m 的单个气泡,仪器能自动记录和报警,可在黑暗的生产环境下使用。

## 二、原理

如频率为  $f_0$  的声波从声源以速度  $c$  传播到接收体,当其声程  $l$  发生随时间的变化从而导致相移量  $k l$  的变化时 ( $k = 2\pi f_0/c$  是波数),接收到的声波其频率将不再是  $f_0$ ,而是  $f_0 \pm f_d$ 。这种频变现象称为多普勒效应,  $f_d$  称为多普勒频移。声程的改变可能是由于声源或接收器的运动,也可能是声波经由物体的散射或反射后再到达接收器时由于该物体的运动。因此在后一种情形下,如果检测到有多普勒频移的信号就知道有运动着的散射体(如气泡)的存在。并且在一定条件下,还可进一步从信号提取关于散射体的其他信息,例如气泡的大小等<sup>[2]</sup>。

图 1 为仪器方块图,工作频率为 5MHz,图 2 为测量管工作原理示意图,其中  $F(0, 0)$  为声束入射点,  $R(0, d)$  为接收换能器位置,  $B(x, y)$  为在乳剂中以速度  $v$  在  $y$  方向运动的气泡位置。入射声波经气泡散射后到达接收换能器时由声程产生的声波相移量为

$$\Phi = k l = \frac{2\pi f_0}{c} (FB + BR). \quad (1)$$

由上式及图 2 中的几何关系,得

$$\Phi = \frac{2\pi f_0}{c} \left( \frac{x}{\sin \theta_1} + \frac{x}{\sin \theta_2} \right). \quad (2)$$

可以证明,其多普勒频移为

$$\begin{aligned} f_d &= \frac{1}{2\pi} \frac{d\Phi}{dt} \\ &= \frac{f_0 v}{c} (\cos \theta_1 + \cos \theta_2), \end{aligned} \quad (3)$$

接收到的气泡散射信号可表示为

$$u_s = b(t) \cos(2\pi f_0 t + 2\pi f_d t + \varphi). \quad (4)$$

$b(t)$  是一脉冲包络,其宽度依赖于气泡通过声

应用声学

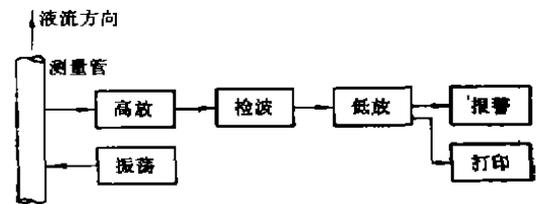


图 1 超声气泡检测仪方块图

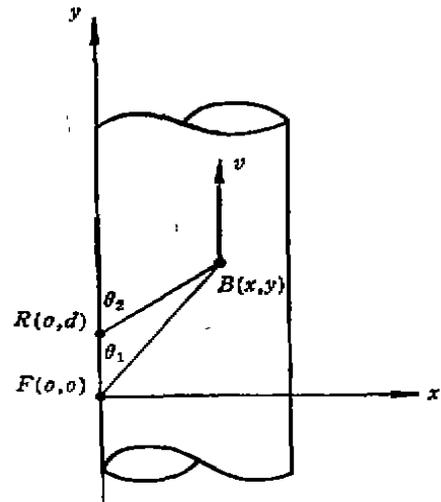


图 2 测量管工作原理图

束的渡越时间。但同时,接收系统还收到电和声的泄漏信号

$$u_l = a \cos 2\pi f_0 t. \quad (5)$$

令  $m = b/a$ , 实际上  $m \ll 1$ , 总的输入信号为

$$\begin{aligned} u_i &= u_s + u_l = a[1 + m \cos(\omega_d t + \varphi)] \\ &\quad \times \cos[\omega_0 + m\omega_d \cos(\omega_d t + \varphi)]t \end{aligned} \quad (6)$$

这是个既调幅又调频的信号,经线性放大和幅度检波后得多普勒输出信号

$$u_0 = Kb \cos(\omega_d t + \varphi), \quad (7)$$

$K$  决定于接收机的增益。

## 三、测量管的设计考虑

图 3 为测量管的结构示意图,它的设计考虑主要有二点:一是要使管内的流场尽可能地稳定。否则在依赖于时间的流场中会产生压力起伏,它会象声音那样传播到流体的其他区域<sup>[3]</sup>,反映在仪器输出端就表现为一种噪声,干

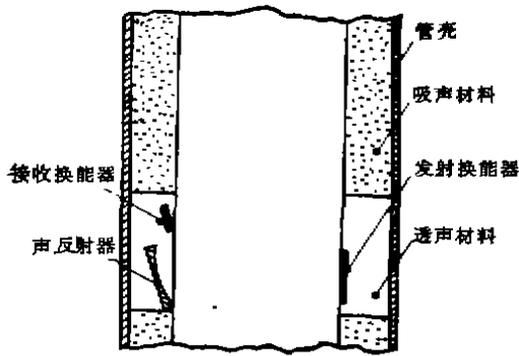


图3 测量管结构示意图

扰了气泡信号。从另一角度说，相对于实验室坐标系中的静止观察者而言，不稳定流场中流速有起伏，按(1)式可见，这也使  $\frac{d\Phi}{dt} \neq 0$ ，并会在仪器输出端形成一种噪声。第二点是要有较理想的声场分布，即只要一发射声束，按一定方位斜穿测量管，其他杂散声场要尽可能地弱。这样对应于每个气泡仪器就只有一个包络简洁的脉冲信号输出。为此，我们把换能器和反射体均用透声材料埋在管壁内，而管壁的其余部份则衬以吸声材料。并使整个管壁光滑平直。测量管还要有足够的长度，使容易产生不稳定流动的接头处和换能器之间保持一定的距离。反射体使声束按预计的方位斜穿测量管并有一定的聚焦作用，然后声束入射于管壁的吸声材料上。

## 四、实验和结果

在实验时我们常用水代替乳剂，并利用虹吸原理使其按一定的流速通过测量管。控制管壁小孔的进气量及其附近的流速能在一定范围内调节所产生气泡的大小及其产生的重复频率，装置简单而实用，无振动，无噪声，对直径约0.4mm的气泡仪器输出的信号波形如图4。我们曾进行过以下一些试验和测量。

(1) 用脉冲激光声场显示装置观察并验证了埋在透声材料中反射器的反射行为。

(2) 对直径约0.5mm的单个气泡，仪器输出端的信噪比为40dB。

(3) 测量管内壁衬有吸声材料时气泡信号长度比没有吸声材料时要短一半以上。

(4) 用5MHz超声脉冲垂直入射于自制吸声材料的光滑平整表面上，反射脉冲衰减约18dB。

(5) 发射换能器用面积为  $6 \times 8\text{mm}^2$  的矩形压电晶片，它产生的声束足以覆盖内径为8mm的测量管的截面。考虑到接收换能器所接收的是曲率半径为数毫米的球面波，我们用直径约2.5mm的圆形晶片，其面积近似于菲涅尔中心带的面积。试验表明，其灵敏度并不亚于面积更大的晶片。

(6) 用摄影观察水流的不稳定情况，方法

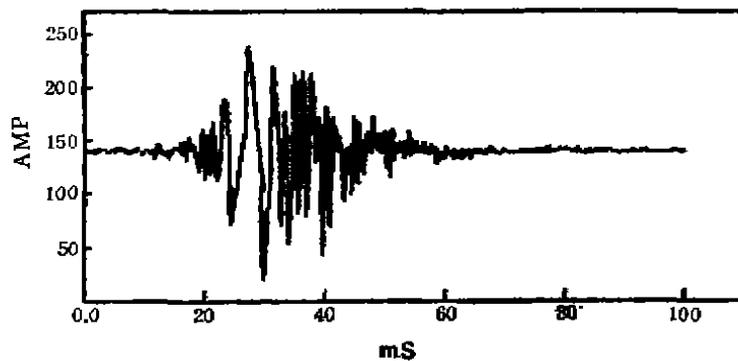


图4 对直径约0.4mm的水中气泡仪器输出的信号波形

是利用适当的照明和慢速快门在胶片上记录下一小段的气泡运动轨迹。

(7) 由流动不稳定所引起的噪声其幅度和频率随流速的增加而提高,对气泡信号形成干扰,但其频率较低,故可用滤波器将其排除。但乳剂情况要比水的情况好很多,显然是由于乳剂的粘度大,流动较为稳定的原因。

(8) 在某胶片厂涂布车间生产线上,仪器

测出直径约  $80\mu\text{m}$  的单个气泡。

### 参 考 文 献

- [1] 胡昆、姬树森,声学技术,5(1986),30—31.
- [2] D. Cathignol, J. Y. Chapelon, V. L. Newhouse, P. M. Shankar, *IEEE Trans., UFFC* 37-1 (1990), 30—37.
- [3] P. M. 莫尔斯、K. U. 英格特,《理论声学》第11章,杨训仁等译,科学出版社,1986.

## 临街住宅阳台降噪缩尺模型研究

张 三 明

(浙江大学建筑系)

车 世 光

(清华大学建筑学院)

1989年4月28日收到

本文通过 1/10 缩尺模型,测得点声源在道路上不同位置时居室内之声级,把声源声功率级与室内声级之差作为衰减量用于交通噪声计算机模拟过程,即得在某种车流状态下居室内声级,通过比较各种情况下居室内声级,得出阳台及各种改进措施之降噪值。结果表明,在 1—5 层范围,阳台无实栏板、无吸声处理情况下,居室内声级反而高于无阳台居室 0—2dB。在上述阳台上作 1.1m 高实栏板及阳台顶贴一般吸声材料,两者共有 2—5dB 降噪效果。取消阳台顶板(强吸声),又能增加 1—4dB 降噪量。对阳台上也装窗的封闭阳台,在内外窗错位开启通风情况下,相对无阳台居室可有 14—15dB 附加降噪量。

### 一、介 绍

阳台在临街住宅具有降噪作用早被人们所证实<sup>[1]</sup>。阳台是住宅自身的一个部分,通过改进阳台设计,就能获得一定的降噪效果,且这种措施不用增加大量投资,也不影响住宅热环境,因此,这是非常值得研究的。

曾有学者研究过阳台降噪效果。J. I. Gustafsson 等人实测过一例<sup>[2]</sup>,因阳台降噪效果受许多因素影响,故其结果不能应用于其它情况。国内有人研究过阳台对点声源的降噪效果。由于点声源与交通噪声的不同,显然研究结果与实际情况也存有差异。D. J. Oldham 和 E. A. Mohsen 通过 1/10 缩尺模型及计算机模拟对建筑自身构件的降噪作用作过系统研究,其中包括住宅院墙、阳台、台阶式住宅

等<sup>[2-3]</sup>。但在他们的研究中没有考虑阳台顶面的反射声影响,而这一影响不仅存在,而且非常显著<sup>[4]</sup>。

从前面的分析知,对阳台的降噪特性仍缺乏足够的资料。本文在上述工作基础上,结合我国具体情况,对阳台降噪作了研究,其中包括一些改进措施的降噪效果。

交通噪声经过阳台、窗口传入室内,这是一个非常复杂的声传播过程,以至很难在理论上计算其声衰减。阳台降噪受许多因素影响,现场研究制约很多,很难作全面深入的研究。本文采用缩尺模型技术,利用模型测量固定点声源在道路上不同位置时在居室中形成的声级,以此获得点声源的声衰减量,把此衰减量用于交通噪声计算机模拟中,便可得到交通噪声在居室中形成的声级。通过比较在相同声源情况下有阳台与无阳台时的室内声级,即可得阳台