流体气泡检测仪

胡　昆　姬树森
（上海交通大学八系）

一、前　言

在感光乳剂的输送过程中，在医学领域的血液透析过程中，都能碰到检测所输送的流体中是否含有气泡的问题。感光乳剂中若含有气泡，经过涂布、干燥后，气泡破裂，产生没有乳剂的空白，从而形成残次品；血液透析治疗过程中，若体外透析的血液中漏入气泡，将可能引起栓塞，危及病人安全。国内目前尚未见有关较高灵敏度的检测流体中的气泡装置的报道。在本文介绍的装置中，使用超声方法来检测流体中的气泡。该装置能检测出流体中直径大于0.4毫米的小气泡，具有较高的灵敏度。

二、流体气泡检测仪的工作原理

该仪器的工作原理是：发射换能器贴于流体流经的管壁上，发射一束频率、振幅都恒定的超声波。超声波经流体传播偶合至管壁对面接收换能器。接收换能器的输出为振幅、频率都恒定的电压。当流体中有气泡存在时，由于气泡对入射声压的散射以及流体相速度改变等原因，使得接收换能器的输出幅度发生变化。检测出该电压变化就能检测气泡的存在。该仪器的方框图如图1所示。为了提高检测的可靠性，克服每对换能器声场覆盖面积有限的不足，该方案共使用了四对换能器。每转过45°角设置一对，使第一对换能器检测不到的气泡能恰好通过其他某对

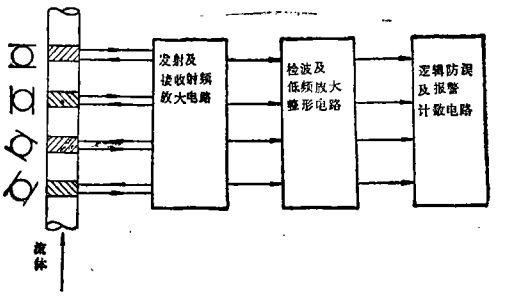


图1　流体气泡检测仪方框图

换能器的声场，从而减少气泡漏过的可能。接收换能器接收到的信号经调谐放大、检波后，成为一定幅度的直流电平。有气泡通过时，该电平将产生波动，通过后面的低放将其放大成具有一定幅度的波动电压，再经过门限整形电路将气泡波动信号变成单纯的方波信号，驱动后面的逻辑防误比较电路。防误电路的功能是去除电磁干扰、机械振动等造成的触发误报。由于管中流体的流速有限，因此气泡被两组换能器检测到就具有一定的时间差，该时间差的大小由管中流体流速决定；而电磁脉冲、机械振动等几乎是同时到达各个接收换能器，检测到的信号几乎没有时间差。防误电路就是要检测出具有时间差的信号，去除同时到达的信号。防误电路输出的气泡信号驱动报警电路发声、光报警驱动计数电路对气泡个数实施计数。

固定换能器管道的结构特点：由于超声波能从管壁直接偶合至接收换能器，从而使经流体偶合过来的信号相对降低，接收信噪比下降。因此固定换能器的部位设计成如图2所示结构。接收、发射换能器固定面在强

度允许的情况下距管内壁越薄越好。在收、发换能器固定面侧壁开有一道深而窄的槽。由于空气与管壁材料声阻抗相差很大，因此接收换能器接收到的沿管壁传播的超声波大大减小，从而提高了接收的信噪比。

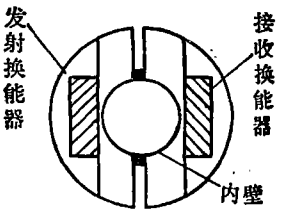


图2 换能器固定处断面结构

三、主要技术指标

工作频率：450±20KHz

工作方式：连续

管中流速：≥0.4米/秒

灵敏度：气泡 $\phi \geqslant 0.4$mm

功耗：直流 6V≤2W

重量：5kg

体积：210×300×150mm

四、整机试验结果

在整机装配好后，进行了检测流动水中小气泡的试验。采用医用玻璃微电极产生小气泡，用读数显微镜测量气泡直径。试验结果表明，该机灵敏度已达到或超过设计指标，且可靠性很高，对单个气泡计数准确，极少漏过。目前，该仪器已交付有关厂家试用，将在生产中发挥其作用。

(上接第39页)

四、结　论

1．耳机声旁路系统对声频响有很大的控制能力，最明显处在$f<1$KHz段，且声旁路阻抗本身是谐振系统时，控制能力最强，此时所对应的声频响具有(2)式所示的五阶带通滤波器的特性。

2．当声旁路阻抗是谐振系统时，耳机获得平直的声频响。条件是：

$$Q_P = Q_S$$

$$F_P = F_S$$

$$R_L \to \infty$$

当 $R_L \geqslant 10^6$ 时，频响的不均匀度小于 0.1dB。考虑到耳机实际工作状态总有一定的声泄漏，为了减少声泄漏对频响的影响，在耳机实际工作状态时也能得到较平直的频响，可从两方面采取措施：一方面 F_S 不宜太大，Q_S 不宜太小；另一方面可把频响曲线在 $R_L \to \infty$ 条件下设计成“抬高”形状，即大约在 $f<F_S$ 频段内使频响抬高几个分贝，其值视具体使用情况而定。

3．当声旁路阻抗是谐振系统时，可方便地使频响曲线在小于某一频率的频段内抬高或下跌。

朱国春、潘正源同志对本文中的工作提出了一些重要的意见和建议，在此表示感谢。

参 考 文 献

[1] H. F.奥尔森，《声学工程》，(科学出版社，1964)

[2] C. A. Poldy, "Electrical Analogs for membranes with Application to Earphones", J. Audio Eng. Soc., VoL31, No. 11, 1983 November

[3] 松本隆志，山内健治，"薄型，轻量～ツドホニ EA H-Tツリ-ズ", National Technical Report Vol, 26, No. 2, Apr. 1980.