

一、 压力容器内管泄漏声源特性研究

0 引言

压力容器长期承受腐蚀介质、高温、高压等影响，内管常有泄漏事故发生。目前由于缺乏有效监检手段，只能采取定期停产更换部分内管的方法。这种方法有一定的盲目性，无法保证更换的内管能够安全有效运行。

声发射技术作为一种动态的无损检测方法可以检测出活性缺陷(即声发射源)的动态信息，能够在压力容器运行期间进行检测，广泛应用于压力容器的在线检测。通过分析泄漏声发射信号的波形、频谱以及不同频带能量的分布规律，为夹套结构内管泄漏检测提供了依据。

1 管道泄漏声源特性研究

1.1 喷流噪声理论

经过充分发展的喷流可分为混合区、过渡区和充分发展区三个部分。喷流的轴向速度在混合区是不变的，在过渡区快速的降低，在充分发展区喷流的轴向速度与到喷口的距离为反比。轴向距离对喷流径向速度有影响，在混合区径向速度基本保持不变，直到喷流边缘周围才很突然降低，在下部分速度曲线变宽，梯度减小，到充分发展区，速度曲线几乎不变。

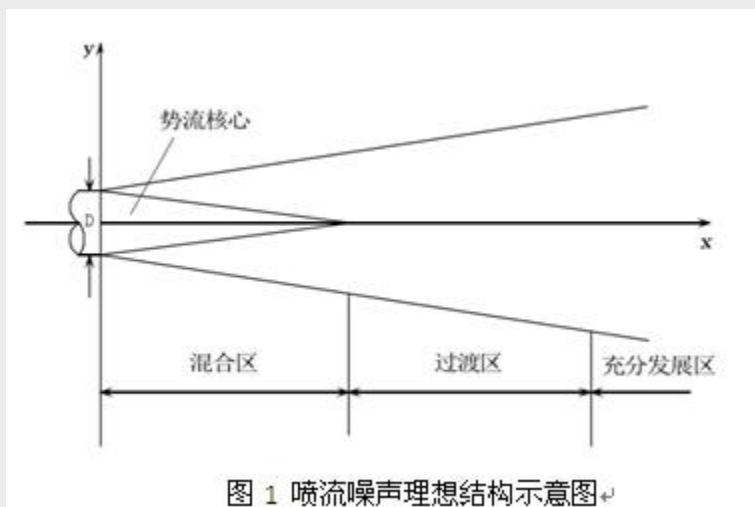


图 1 喷流噪声理想结构示意图

湍流强度的大小和速度梯度相关，最大湍流速度位于混合层中心线附近，在充分发展区时，速度梯度为最小，湍流强度很小。因此，喷流噪声大部分是由混合区和过渡区的湍流产生的。在噪声测量中发现，高频成分主要是分布在喷口附近，距喷口越远，噪声频率越低，低频率主要产生在下游，频谱峰在核心的尖端附近产生。

1.2 喷流噪声的声功率和频谱规律喷流噪声频谱表现为宽频带噪声特性，如果喷口直径就是几毫米，噪声频谱会移向高频部份。喷流噪声功率的频谱基本是斯特劳哈尔数 (fD/V) 函数，但

是喷流速度发生变化，频谱改变，特别当速度变化较大时改变很大。用声功率的相对谱级 y 表

$$y = \frac{1}{W} \frac{dW_f}{df} \frac{v}{5D} \frac{c_0}{c}$$

示喷流噪声的频谱

(1-1)

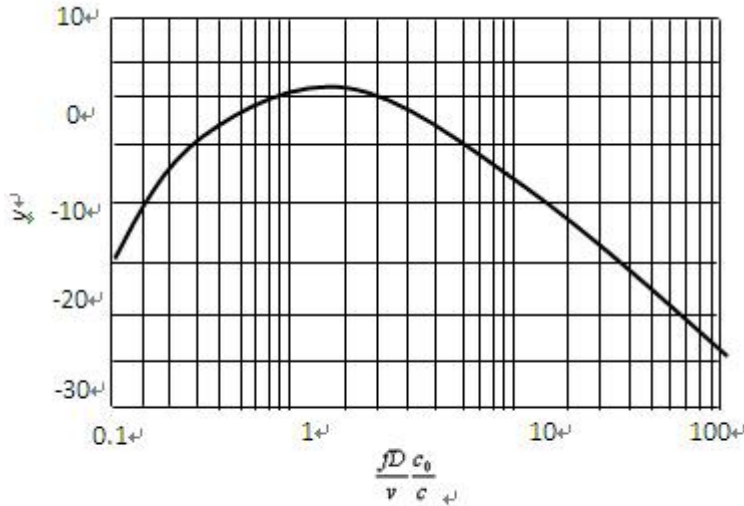


图 2 喷注湍流噪声的归一化功率谱

式中， W 是喷流噪声总声功率， W_f 是频率 f 以下的声功率， D 为喷口直径， v 为流速， c 为喷注局部声速， c_0 为环境声速。采用归一化，得功率谱曲线见图 2。图中横坐标是经修正斯特劳

哈尔数 $x = [(fD/v)(c/c_0)]$ ，从图中可知，喷流噪声频谱曲线的峰在 $x=1$ ，或修正后的斯特劳

劳哈尔数等于 0.2。在低频率时，声功率的谱密度和频率平方成正比（谱级升高 6dB/oct）；在高频率时，谱密度和频率平方成反比（谱级降低 6dB/oct）。功率谱曲线可写成函数关系

$$y = \frac{4}{\pi} \frac{1}{(x + \frac{1}{x})^2}$$

(1-2)

喷流噪声为连续谱，一般在 6 个倍频带以上，而且随喷流速度上升使频带不断加宽，且峰值频段向高频方向发展，通常在一定频率上有较强的噪声峰值频率 f ，可用下式估

$$f = St \cdot \frac{v_a}{D}$$

算：

(1-3)

式中： St 为斯特劳哈尔数，是无因次量，通常在 0.15-0.2 范围内。从式中可以得出，泄漏喷流噪声的峰值频率大小与喷流速度成反比，而与泄漏孔径成反比。因此，在泄漏孔径不变的情况下，泄漏喷流速度越大，其峰值频率应该越高。而在泄漏喷流速度不变的情况下，泄漏孔径越大，其峰值频率就越低。