

一种微穿孔板消声器

冯瑞正 周永申 戴根华

(中国科学院物理研究所)

一、引言

石油炼厂催化裂化车间加催化剂,是借一高压水蒸汽高速流经一细管时的压力差将料送入反应炉内,用过的水蒸汽经由一个较粗的管子排到外界去,过程中产生强烈的噪声。当加料时,附近室内听不见讲话的声音,近旁汽车道听不见汽车鸣笛声,是炼油厂第二大噪声源。原装有玻璃棉式阻性消声器,因积水失效。剖开原消声器,发现内部玻璃棉已被吹空,估计是玻璃纤维被水蒸汽粉碎后由于护面板孔径较大而冲到管外。根据这种情况,我们采用双层微穿孔板作为消声器的衬里材料,不另加其它吸声材料,较好地解决了这一问题。

二、噪声测量与分析

排气口位于反应炉上部,水平方向排出水蒸汽,距地面高度约 30 米。在地面上距排气口水平距离约 20 米处,进行噪声测量。用精密声级计测量加料前后的噪声频谱,所用滤波器为 1/1 及 1/3 倍频程带宽两种,测试结果见图 1 及图 2。加料时 A 声级达 98 分贝,噪声评价数 N95,超过人耳听力保护的限度(A 声级 90 分贝或噪声评价数 N85),语言干扰级为 90 分贝,因此大声喊叫也听不清楚。噪声的频谱为宽带的高频噪声,500—4000 赫 4 个倍频带的声压级均超过 85 分贝。250 赫以下低频噪声较弱,在环境噪声以下。当不加料时(不排气)环境噪声的 A 声级为 78 分贝,噪声评价数 N75,是以 250 赫以下低频噪声

为主。从噪声评价数的曲线图上可以看出降

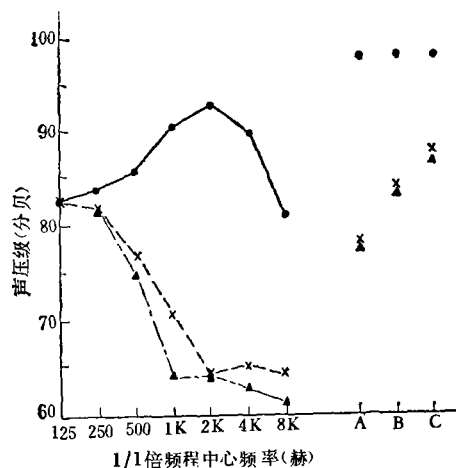


图 1 处理前后排气噪声的频谱(1/1 倍频程)

● 处理前排气噪声
× 处理后排气噪声
△ 环境噪声

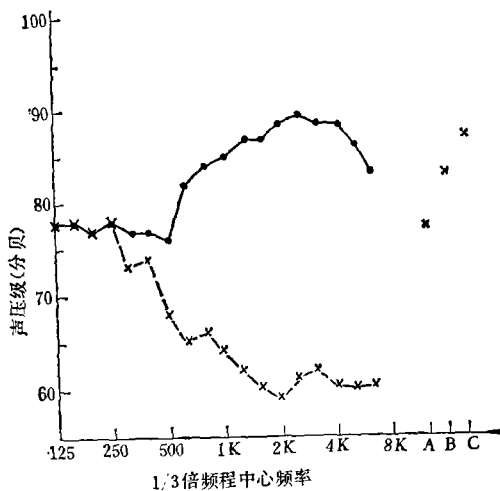


图 2 处理前后排气噪声的频谱(1/3 倍频程)

● 处理前排气噪声
× 处理后排气噪声

低 500 赫以上高频噪声 20 分贝,可以作为消声器的减噪设计指标。

三、微穿孔板消声器的设计

由于水蒸汽遇冷容易积水,我们考虑采用微穿孔板吸声结构作为消声器的衬里材料。有关微穿孔板吸声的理论实验的研究结果可参考有关的文章^[1]。微穿孔板是金属薄板上穿以直径小于 1 毫米的微孔,可以采用单层或双层结构。

消声器的设计是采用与原消声器相同的外形尺寸以及内部气流的流通管径。消声器的总长度为 2 米,外管径 450 毫米,由 3 毫米的钢板电焊而成,内装两层微穿孔板均为 0.5 毫米厚的白铁皮制成(用薄铝板更好,白铁皮在高温高湿下可能生锈)。板上穿以微孔,孔径 1 毫米,孔数为 3/厘米²,穿孔率为 2.4%。中间气流通道的直径为 156 毫米,外层微穿孔板距外壁 37 毫米,两层微穿孔板相距 107 毫米。采取双层微穿孔板是为了加宽吸声的频率范围,这样的双层微穿孔板吸声结构,用驻波管测量垂直入射的吸声系数列在表 1。消声器的结构见图 3。

表 1 双层微穿孔板的吸声系数(垂直入射)

频率(赫)	125	250	500	1K	2K
吸声系数	0.21	0.65	0.71	0.93	0.98

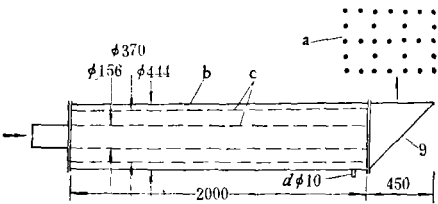


图 3 微穿孔板消声器结构图(单位毫米)

- a. 微孔的分布,孔径 1 毫米,孔数 3 万/米²
- b. 3 毫米钢板 c. 微穿孔板 d. 漏水平孔
- g. 导流板

这种具有吸声衬里的直通管形式的消声器的声衰减量可用别洛夫公式进行估算。

$$\Delta L = 1.1 \varphi(\alpha_0) \frac{P}{S} L \text{ 分贝}$$

式中 α_0 代表衬里材料的垂直入射的吸声系数。 $\varphi(\alpha_0)$ 是与 α_0 有关的量可以从专用的表中查到。 P 为通道横断面的周长(米), S 为通道横断面的面积(米²) L 为消声器的长度。对圆形管壁,上式可简化为

$$\Delta L = \frac{2.2 \varphi(\alpha_0) L}{r}$$

r 为管的半径。上式减噪量未考虑气流的影响,在有气流的条件下,实测的消声值将比计算的低。

为了增加对附近地面的减噪效果,在消声器出口端加一导流斜板(斜角约 45°,长约半米)以使声音偏离附近汽车路及工作室,估计此导流板对高频会有一定效果。据国外报导^[2]有关降低喷气发动机排气噪声的消声器的出口也有气流排出的导流板装置用来降低指定方向的噪声。为了防止消声器内积水,在消声器的后部下方有约 1 厘米直径的排水孔。当消声器工作时见有大量积水由此流出。

四、减噪效果与主观评价

在与前相同位置,测量加置微穿孔板消声器后的噪声频谱与原排气时的噪声(用原消声器)进行比较,见图 1 和图 2。可以看出加微穿孔板消声器后,排气噪声在 500 赫以上高频噪声均有明显下降,接近环境噪声级。减噪效果见表 2,消声器达到的消声量是由实测数据中计算出来的。可以看出高频噪声有很大降低,噪声最强的频带 2 千赫有约 40 分贝的消声量。实测的减噪量远低于理论公式的计算值,这是由于气流速度的影响,可以参看有关消声器减噪效果与气流速度关系的研究结果^[3]。对于 2 米长的微穿孔板消声器,其中通过常温空气情况,当气流速度从 20 米/秒增加到 60 米/秒时,对 500 赫到 4 千赫各频带消声量的减少约为 10—15 分贝。该实

验还表明当气流速度增加时,微穿孔板消声器的消声量比玻璃棉消声器的消声量减低的少,这也是微穿孔板消声器的另一优点。实验中,导流板与消声器的减噪效果未加区分。

表2 微穿孔板消声器的减噪量(实测值)

倍频程中心频率 (赫)	500	1K	2K	4K	8K
装消声器后降低值 (分贝)	9	21	29	25	16
装消声器后高于环境 噪声值(分贝)	2	6	0	2	3
估计消声器实际消 声量(分贝)	13	22	39*	29	19

* 测试误差以 0.5 分贝估计,近似用 10 分贝的差值估计修正项

如上所述,从主观感觉上加料时的排气噪声从吵闹得无法忍受到处理后的接近厂内

环境噪声级,实际上已感觉不到这一声源的存在。为了进一步了解处理的效果,对处理前后噪声的各种主观评价量进行了计算与比较,结果列于表 3。从表中所列的数值可以看出,处理前后排气噪声的降低量对 A 声级、语言干扰级、噪声评价数和感觉噪声级都降低了同样的数值 20 分贝(或数)。感觉噪声级降低约 4 倍。这些差值的相同也说明对排气噪声这些评价量具有相接近的主观评价作用。对于响度的计算有略微不同的结果。这里 OD 指用 Stevens^[5] 方法计算的扩散场响度,CD 指用 Zwicker 方法计算的响度。两者的响度级与响度绝对值不同,但处理前后的差值均接近 15,约相当于响度减低 3 倍,而 B 声级也有近 15 分贝的差值。

处理后噪声与环境噪声的 A 声级、噪声

表3 减噪效果的主观评价

评价量	总声压级 C(分贝)	B 声级 (分贝)	A 声级 (分贝)	语言干扰 级(分贝)	噪声评价 数 NR	感觉噪声 级 PN (分贝)	噪度 (噪)	响度级 (OD)	响度 (OD)	响度级 (CD)	响度 (CD)
(1) 处理前 (原消声器)	98	98	98	90	95	111 (110)*	139	108	112	113	158
(2) 处理后 (微穿孔板消 声器)	88	84	78	70	75	91 (93)*	35	93	40	97	52
(3) 环境噪声 (不加料时)	87	84	78	68	75	(92)*	93	38			
(4) 减噪效果 (1)-(2)	10	14	20	20	20	20	4**	15	2.8**	16	3**

* 由 A—C 声级关系曲线求得的 PN 分贝的近似值^[6] ** (1)与(2)的比值

评价数和响度已无差别,而感觉噪声级和语言干扰级也只有 1—2 分贝差别。从评价角度可以认为不需要进一步降低了。从上面评价的讨论,可以得这样的结果:在这里 A 声级与感觉噪声级(噪度)相联系,而 B 声级则与响度级(响度)相联系。

五、小 结

用微穿孔板作为衬里吸声材料,降低噪声取得了显著效果。由于微穿孔板消声器具有耐高温、高压,防水、防潮,安装方便和可用于较高的气流速度等特点,逐渐得到有关科

研单位与工厂的重视。近年来有些单位设计了一些较大型的微穿孔板消声器,取得了很好的效果。

此微穿孔板消声器由抚顺石油二厂加工制作,已用于该厂生产上。

参 考 资 料

[1] 马大猷,中国科学,1,38(1975).
[2] Richards, E. J., Mead, D. J., "Noise and Acoustic Fatigue in Aeronautics", p. 261 (1968)
[3] 方丹群、孙家琪、冯瑞正,物理,4,200(1975).
[4] 马大猷,声学学报,1,53(1964).
[5] Stevens, S. S., J. Acoust. Soc. Am., 28, 802 (1956).