

研究简报

杆射哨超声雾化燃烧器的实验研究

陈全英 颜世彪

(中国科学院声学研究所)

1989年9月5日收到

本文介绍了一种新型声雾化燃烧器——杆射哨。并对其工作特性进行了分析,找出了最佳几何尺寸和工作参数,为应用设计提供了基本技术数据。

一、引言

超声技术在工业上的应用范围较为广泛,从三十年代以来,苏、美和日本等国先后开始利用超声雾化液体,促进燃烧和提高热传导等方面的研究工作,并在提高锅炉的燃烧效率,节约能源和减少大气污染方面取得了一些成效。

八十年代初,我们开始从事声雾化燃烧器的研制工作,先后研制成了几种声雾化燃烧器,其中有声压级高达 158.5dB 的,经在炼钢平炉和制造炭黑的炉子上试用,取得了节能(最高节约率达 12%)和提高产品质量的效果。

二、超声波雾化燃烧器的结构和工作原理

从发生机理讲,超声波雾化燃烧器可分为两大类,即电动式和流体动力式^[1],如图 1、2:

图 1 是电动式超声波雾化燃烧器结构示意图。被雾化液体从进液管进去到达管子终端

应用声学

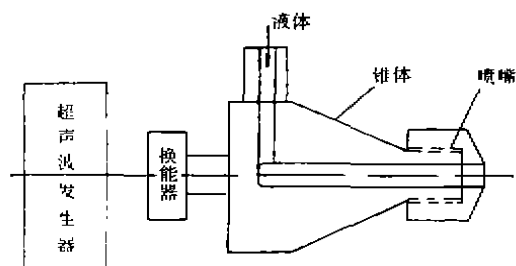


图 1 电动式超声波雾化器。

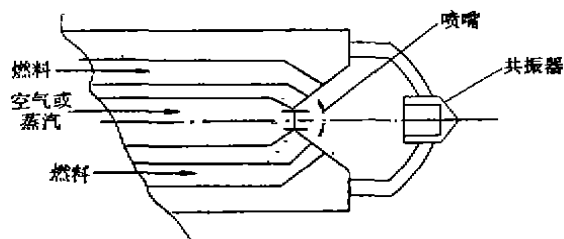


图 2 哈特曼式超声波雾化器。

时,受表面张力或聚合力的作用,形成一薄膜,在超声波作用下乳化。其优点是雾化粒子细,但造价高,处理量小。图 2 为流体动力式(包括改进的哈特曼型和棒状型等)超声波雾化燃烧器结构示意图。利用从喷嘴喷出的高速流体的冲力激发共振腔体振动产生高强度的声波,在燃料喷射区和燃烧区提供气体声振动。因此,

只需将它装在原来的燃烧雾化系统上即可工作,是一种处理量大、结构简单、工作可靠,花费少的雾化燃烧器。

根据上述流体动力式超声波雾化燃烧器的特点和 Ю. Я. Борисов 提出的分类法^[2]而研制成一种新型哨——杆射哨,它由中心杆、喷嘴和共振腔三部分组成。如图 3、图 4 所示。

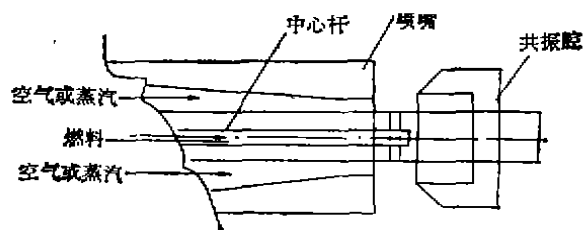


图 3 外腔式声雾化燃烧器。

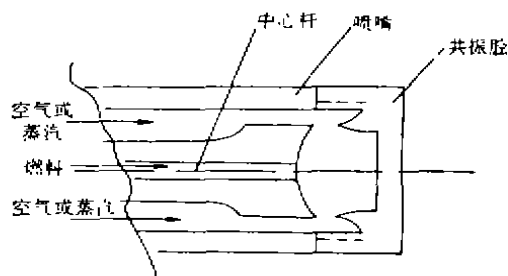


图 4 内腔式声雾化燃烧器。

就结构而言,可分为外腔式和内腔式两种。根据被雾化介质喷出方式不同,又可分为直喷式和旋转式两类。其基本发声原理,主要是利用喷嘴喷出的高速气流去激发腔体振动而产生高强度声波,振动频率一般为 10kHz 左右。由于它的工作压力范围较宽,当气流处于亚声速或超声速条件下,都能得到较高的声压。

三、声雾化燃烧器的主要工作特性

1. 声压:

声压是直接影响雾化燃烧效果的一个重要声学量。可用改变共振腔体的几何尺寸和增加气出口前的压力两种途径来获得较大声压值,试验结果如下:

① 用相同气体压力去激发不同腔体,如表 1 所列。

表 1 气体压力不变,腔体体积与声压关系:

气体压力 (MPa)	腔体体积 (mm ³)	声压级 (dB)
0.28	622	139
0.28	857	146
0.28	1627	153

从表 1 中看出,当气体压力一定时,声压随着腔体体积的增大而增加。

② 用不同气体压力去激发同一腔体,如表 2 所列。

表 2 腔体体积不变,气体压力与声压关系:

腔体体积 (mm ³)	气体压力 (MPa)	声压级 (dB)
857	0.28	146
857	0.38	149
857	0.60	153

即当腔体体积一定时,声压随气体压力增加而增加。

因此,用上述两种方法中的任一种均能提高声压,可根据使用对象而定。

2. 频率:

有关声雾化燃烧器的振动频率的计算,据国外有关文献报道,到目前为止,还没有一个从声学 and 空气动力学观点出发推导出来的成熟公式,各自都是根据自己多次实验总结的经验公式进行计算的^[3]。

我们从研制出的多种声雾化燃烧器的实测中,总结出一个计算频率的简式为:

$$f = c / 4 [h + 0.3(D_r - D_c)] \quad (1)$$

式中 h ——共振腔深度 (mm), D_r ——共振腔直径 (mm), D_c ——中心杆直径 (mm), c ——常温下空气中声速 (m/s)。

此公式是在哈特曼哨频率公式的基础上加一修正项 $0.3D_c$ 。

分别改变 h , D_r , D_c 三个变量中的一个来验证公式[1]的可用性,其结果如下:

(1) 共振腔深度 (h) 变化对频率的影响:

表3 共振腔深度(h)与频率的关系:

组别	共振腔深度 $h(\text{mm})$	频率(理) $f_1(\text{kHz})$	频率(实) $f_2(\text{kHz})$	Δf $ f_1 - f_2 $	$\Delta f/f_1$ (%)
I	3	17.7	17.7	0	0
	7	9.6	9.8	0.2	2.1
	15	5.0	4.7	0.3	6.0
II	2	22.3	21.5	0.8	3.6
	3	17.7	17.0	0.7	4.0
	4	14.6	13.9	0.7	4.8

(2) 共振腔直径(D_r)变化对频率的影响:

表4 共振腔直径(D_r)与频率关系:

组别	共振腔直径 $D_r(\text{mm})$	频率(理) $f_1(\text{kHz})$	频率(实) $f_2(\text{kHz})$	Δf $ f_1 - f_2 $	$\Delta f/f_1$ (%)
I	26	5.2	5.6	0.4	7.1
	28	5.0	4.7	0.3	6.0
	30	4.9	5.0	0.1	2.4
II	18	11.8	10.8	1.0	8.4
	20	10.9	10.3	0.6	5.8
	22	10.1	10.4	0.3	3.0

(3) 中心杆直径(D_c)变化对频率的影响:

表5 中心杆直径(D_c)与频率的关系:

组别	中心杆直径 $D_c(\text{mm})$	频率(理) $f_1(\text{kHz})$	频率(实) $f_2(\text{kHz})$	Δf $ f_1 - f_2 $	$\Delta f/f_1$ (%)
I	13	10.5	10.1	0.4	3.8
	14	10.9	10.3	0.6	5.5
	15	11.3	10.8	0.5	4.4
II	5	14.0	12.7	1.3	9.2
	6	14.6	13.9	0.7	4.8
	7	15.4	14.1	1.3	8.4

(说明: 以上频率均是在最佳声压下测出的, 测量距离为 30cm, 以下测量均与此相同.)

从上面测量结果中可以看出:

第一, 频率误差随共振腔深度增加而增加, 当腔深由 3mm 增加至 15mm 时, 频率误差增至 6%。

第二, 共振腔直径变大, 频率误差减小, 共振腔直径由 26mm 增至 30mm 时, 频率误差由 7.1% 降至 2.4%。

第三, 中心杆直径变化对频率的影响, 不像应用声学

以上两者那样有规律。

上面三种结果说明, 由[1]式计算出的频率与实测值均有误差, 其范围在 10% 以内。从实用观点出发, 人们对振动频率的要求不像对声压的要求那样严格。

对振动频率的选择, 一般在 10kHz 左右较好。若频率太低, 则共振腔深度增加, 不易起振。若频率太高, 则共振腔的深度变浅, 声能输出受限制, 如在共振腔直径、喷嘴直径和中心杆直径、工作压力都相同的条件下, 所测得的声压如表 6 所示。因此, 不能只强调频率而忽视频率, 而是两者兼顾。

表6 腔深频率和声压关系:

共振腔深 (mm)	频率 (kHz)	声压级 (dB)
3	17.7	151.5
7	9.1	153.0
15	5.0	153.0

3. 指向性:

所谓指向性, 是表征声源在不同方向上辐射声压的分布。由于声雾化燃烧器的直径小于它的声辐射波波长, 因此, 可视作点声源。在距它 20cm 处的水平面上测得的指向性图, 如图 5 所示。

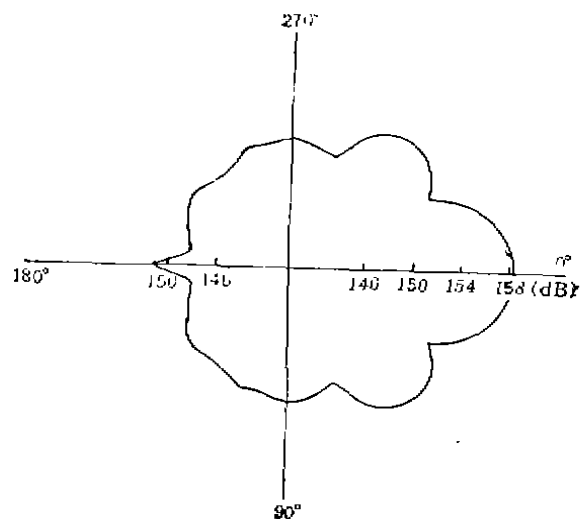


图5 声雾化燃烧器指向性图

在喷嘴中心轴的正前方向上声压最大,可达 158.5dB,而在其相反方向上所测得的声压为最小,仅为 151.5dB。

4. 声压与工作压力的关系:

这类机械哨,它们有各自的起振点,当激励气压达到某一直值时就开始振动起来。随着工作压力的增加,声压也随之增加,但到某一定值后,尽管工作压力继续增加,而声压则保持不变或有所下降,如图 6 中曲线所示。在实际应用中,希望在较宽的压力范围内声压的波动较小,如果因工作压力稍为改变就引起声压的较大变化,便会影响使用效果,像这样的声雾化燃烧器应用价值不大。为此,我们经过反复试验,初步找出了构成这种声雾化燃烧器各主要参数间的关系为:

$$D_r = (3 \sim 4) + D_j = 6 + D_c \quad (2)$$

式中, D_j ——喷嘴直径 (mm)。

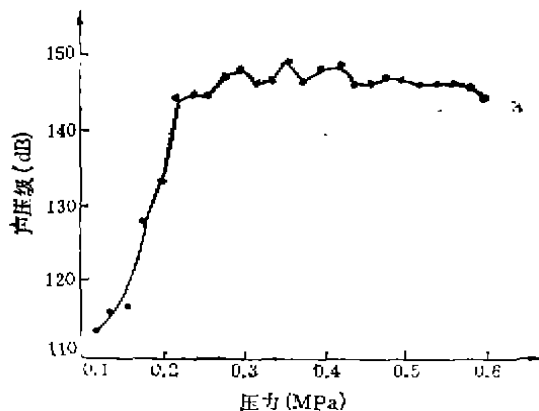


图6 声压与工作压力关系曲线。

按式[2]计算的各种类型的声雾化燃烧器,都能在较宽的工作压力范围内获得较高的声压输出,如表 7。这也是这类哨的主要特性。

表 7 声雾化燃烧器的动态特性:

组别	工作压力 (MPa)	声压级 (dB)
I	0.4—0.6	150.5—152.0
II	0.28—0.56	151.0—153.0

5. 声压与共振腔到喷嘴距离的关系:

要获得高的声压输出,除取决于声雾化燃

烧器本身的几何尺寸外,共振腔到喷嘴的距离也是一个重要参数。若此距离取得不恰当,有可能达不到最佳振动效果,或者不起振,或者要加较高的工作压力才能起振。图 7 可以看出喷-腔距离为 7mm 的比 5.5mm 达到最高声压所需工作压力大。

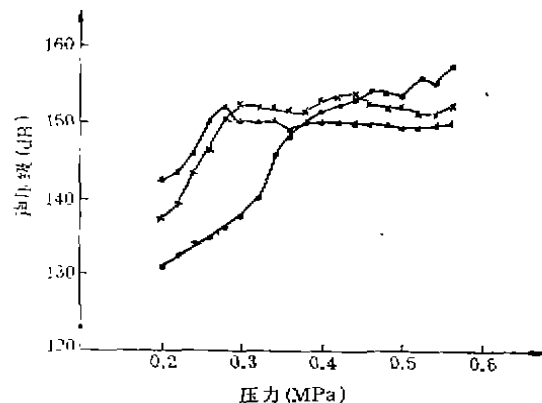


图7 声压与喷嘴到共振腔距离曲线。

●——喷-腔距离 7mm。×——喷-腔距离 5.5mm。
△——喷-腔距离 4.5mm。

6. 喷缝宽度不同时,工作压力与声压的关系:

喷缝的宽窄,直接影响到声雾化燃烧器的工作状态。从图 8 所示,喷缝太宽,达到最高声压所需工作压力高;喷缝太窄,虽然达到最高声压的工作压力低,但随工作压力增加,声压很快

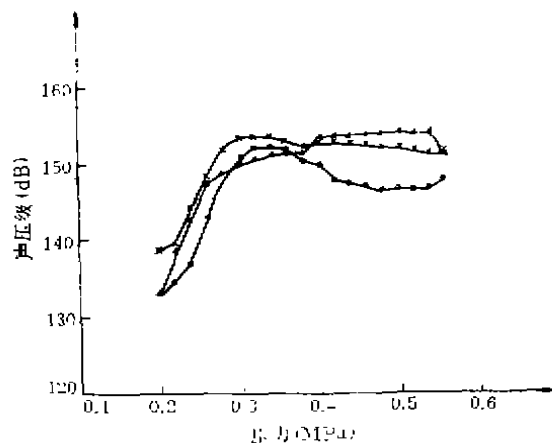


图8 声压与喷缝宽窄曲线

●——喷缝宽 1.00mm。×——喷缝宽 1.25mm。
△——喷缝宽 1.50mm。

下降。因此,喷缝宽度一定要选择适当,才可能在较宽的工作压力范围内保持较高的声压。从图8中看出喷缝为1mm的不如1.25mm的好。

7. 雾化效果:

为考察声雾化燃烧器的雾化效果,我们在实验室内进行冷态模拟试验^[4],在声场作用下,液体介质被雾化成很细小的雾滴,说明声雾化效果比较好。

四、几点看法

1. 声雾化燃烧器是一种气体声的强声源,声压级一般在150dB左右。该雾化器具有结构简单、安装和操作均较方便,加工也较容易、且雾化效果好等特点。

2. 由于声雾化燃烧器雾化效果好,不仅能

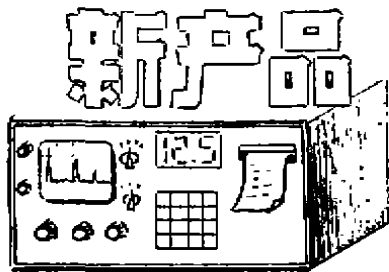
节能、还可降低烟尘和氮氧化物的排放量、对减少大气污染、保护人类生活环境都是有益的。

3. 有关声雾化燃烧器的雾化燃烧机理需进行深入的研究,为实际应用提供充分的理论根据。同时,还要大力加强应用研究。

参加该项工作还有史国宝、章庆生等同志。在实验工作中还得到镇江船舶学院程定华教授的热心帮助,在此致谢。

参 考 文 献

- [1] 上海海运局、上海船舶研究所编译,《超声波与燃油掺水》上海科学技术情报所,1978年。
- [2] Ю. Я. Борисов, *Акустический журнал*, XXVI-1(1980), 41—47.
- [3] Ю. Я. Борисов, *Акустический журнал*, XV-2(1969), 195—200.
- [4] М. А. Погер, О. К. Эквасноянц *Акустический журнал*, XX-4 (1974), 602—609.



CHJ-S-2 型超声波塑料焊接机

上海超声波仪器厂新近研制成功了一种新颖的大功率超声波塑料焊接机,它是焊接热塑性塑料制品的最新设备,各种注塑而成的胶件都可以使用该设备进行焊接,不需要任何熔剂、粘合剂或其他辅助品,它具有焊接速度快、质量高、外形美观等优点。

超声波塑料焊接机用途广泛,只要使用热塑性胶件的行业都可适用,如电子工业、汽车工业、电器制造、玩具、家庭用品、包装及一般塑料行业等。

本设备可根据不同焊接对象进行熔焊、嵌焊、铆焊等,由于本设备输出功率较大,所以对较大面积的塑料件进行传输焊接效果更为理想。

超声波塑料焊接的基本原理是利用每秒20000次

的振动频率,通过焊头传向两焊件间,瞬时产生高热,使接合处塑料迅速熔化至完全结合,使被焊产品美观、牢固,解决了其他焊接方法存在的缺点。

主要技术指标

1. 工作频率: $20 \pm 2\text{kHz}$;
2. 最大输出功率: 2000 W;
3. 超声时间: 0.1—5S(可调);
4. 保持时间: 0.1—5S(可调);
5. 气动压力: $> 6\text{kg}$;
6. 触发压力: 10—60kg(可调);
7. 工作时间: 连续工作8h;
8. 使用环境温度: $0—40^\circ\text{C}$;
9. 焊头行程: 80mm;
10. 外形尺寸: $900\text{mm} \times 780\text{mm} \times 1850\text{mm}$;
11. 重量: 150kg.

(高玉)