

降低超声清洗槽噪声的初步探讨

刘纯荣 闵一健 吴胜举

(西安, 陕西师范大学应用声学所)

本文介绍了降低超声清洗槽噪声的途径和方法, 将我国常用的 250W 超声清洗槽的噪声由 112.5dBA 降到 76dBA, 并给出清洗槽噪声频谱。

1 降低清洗槽噪声的意义

超声清洗作为一种经济方便的清洗方法已在工业的各个部门得到了广泛的应用。但是超声清洗带来的噪声又是使超声清洗难以推广的主要原因, 有些部门嫌弃噪声而干脆不用。我国用得较多的 250W 超声清洗机噪声高达 112.5dB(A) (测量探头—传声器, 与清洗槽水面距离为 40cm), 对操作者来说, 远远超过了卫生部和国家劳动总局颁布的工业企业噪声卫生标准规定的 85dB(A)^[1]。天长日久其对人体的危害是不小的, 可能使人耳聋, 引起多种疾病, 影响人们的正常生活, 降低劳动生产率, 成为严重的公害之一。

2 降低清洗槽噪声的途径

超声清洗的机理主要是超声波在清洗液中产生空化现象, 而空化气泡的崩溃必然产生空化噪声。从所产生的噪声频谱^[2]来看, 噪声中以基波(工作频率)的谐波和分谐波($\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$, ...)为最强, 如图 1 所示。现在用得比较多的频率是 16~20kHz, 由于人耳对 16kHz 以上的声波是不敏感的, 基频和倍频高于人的听觉范围, 就不必追究了。而分谐波就成了我们的着眼点。分谐波 8~10kHz 正是人耳较敏感的频率, 如果把

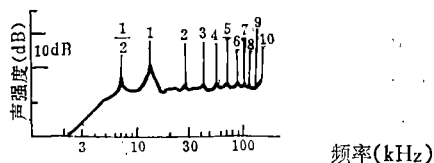


图 1 15KHz 超声波在液体中所产生的空化噪声强度与频率的关系

分谐波移到 16kHz 以上, 那么, 对人耳可闻的噪声就可以大大的降低。这和实验相当吻合, 但是高的清洗频率使空化阈提高了, 即所需要的声强度增加了, 从图 2 可以看出工作频

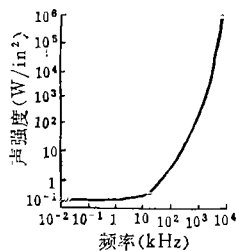


图 2 空化阈与频率的关系(含气水)

率在 10kHz 以下时, 空化所需要的声强度大致稳定, 超过 10kHz 时, 空化发生时所需要的声强急剧增加, 故工作频率超过 10kHz 时, 在同样声强情况下, 工作频率愈低, 清洗效果愈好, 但是带来了强的空化噪声, 所以兼顾上述矛盾, 我们选定了清洗频率为 38kHz 从而以同样的声强尽可能得到好的清洗效果和低的噪声。从实验结果来看, 我们将 250W 清洗机的噪声从 113dB(A) 降低到 91dB(A)。

从上面的分析可知,光从提高清洗频率来降低噪声,仍是不够理想的,因为还在国家颁布的标准85dB(A)以上,因此,我们在清洗槽的四周和上面分别加有容重为 20kg/m^3 、厚度为20mm的超细玻璃丝棉,它起着吸声、消声、隔声三重作用,之所以要选超细玻璃丝棉,是为了吸收超声清洗过程中高频端的空化噪声。

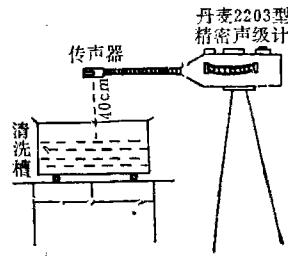


图 3 测量示意图

3 噪声控制效果

我们主要测试了无锡无线电专用设备厂生产的H66025超声清洗机的噪声作为参考。测试的原理如图3。传声器距噪声源的距离

大致相当于在一般正常工作情况下操作者耳朵到清洗槽的高度。测量结果列于表 1。噪声: 总声压级为 119dB; A 声级为 112.5dB。本底噪声: 总声压级为 54dB; A 声级为 32dB。可以看出, 最大噪声已达 112.5dB(A),

表 1 H66025机噪声频谱

频率 kHz	1.00	1.25	1.60	2.00	2.50	3.15	4.00	5.00	6.30	8.00	10.0	12.5	16.0	20.0	25.0	31.5	40.0
A声级 dB	64	66	72	72.5	76	82	83	84	87.5	102	95.5	95.5	112.5	107	92	87	77

快要接近国家不允许的程度。

我们自制的同样是250 W超声清洗槽,选用的工作频率为38 kHz,采用单螺杆夹心式压电陶瓷换能器^[3],其结构尺寸如图4。

由于选用的频率稍高一点，所以空化阈

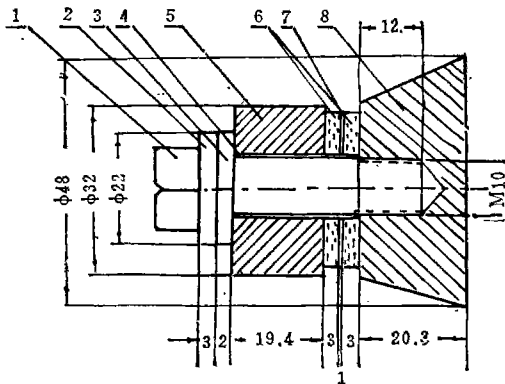


图 4 换能器振子

- 1.六角螺钉2.弹簧垫3.平光垫 4.绝缘套 5.反射块
6.电压片7.电极8.辐射块

也就要高,所需要的功率密度就要大一点,取 0.4 W/cm^2 ,槽子的体积为 $250 \times 200 \times 100 (\text{mm})^3$ 。6个振子均匀分布于槽底。

同时对换能器单振子的电声转换效率进行了测量,其方法是利用 M_1/SC_3 型(美国进口)电功率计直接测得换能器实用状态下的输入电功率,同时用恒温量热法,于同样状态下,在牛角尖形量热计中,再直接测出其平均声功率,从而得出电声转换效率为 78%。

对自制的槽子噪声进行了测量,测量的条件、仪器和前述的一样,首先对自制的槽子没有加任何声学处理,仅仅是提高了频率后进行测量,其结果是:噪声总声压级为100dB, A声级为91dB。本底噪声总声压级为55dB, A声级为38dB。测得的频谱列于表2。

比较表 2 和表 1, 可以看出噪声由 112.5 dB(A) 降低到 91dB(A), 但在国家标准以

表 2 自制清洗槽38kHz时噪声频谱

频率 kHz	1.00	1.25	1.60	2.00	2.50	3.15	4.00	5.00	6.30	8.00	10.0	12.5	16.0	20.0	25.0	31.5	40.0
A声级 dB	47	45	56	58	59	59	64	69	72	75	75	82	93	91	73	93	91

上。后又对自制的槽子四周安装了容重为20 kg/m³，厚度为20mm超细玻璃丝棉，其测量结果是：噪声总声压级为 97dB；A声级为

87.5dB。本底噪声总声压级为 56dB；A声级为37dB。

测得的频谱列于表 3

表 3 四周作声学处理后之噪声频谱

频率 kHz	1.00	1.25	1.60	2.00	2.50	3.15	4.00	5.00	6.30	8.00	10.0	12.5	16.0	20.0	25.0	31.5	40.0
A声级 dB	42	41	44	49	49	52	55	61	66	70	75	79	89	89	70	87	92

比较表 3 和表 2 可知，在槽子四周加声学处理，而槽底和槽面暴露，仅能降低噪声 3.5dB(A)，在此基础上，我们又在槽底和槽面加了容重为20kg/m³、厚度为20mm的超细

玻璃丝棉，其测量结果为：噪声总声压级 87dB；A声级 76dB。本底噪声总声压级 56dB；A声级37dB。

测得的频谱列于表 4。

表 4 底面及四周皆作声学处理后的噪声频谱

频率 kHz	1.00	1.25	1.60	2.00	2.50	3.15	4.00	5.00	6.30	8.00	10.0	12.5	16.0	20.0	25.0	31.5	40.0
A声级 dB	31	30	34	36	40	42	42	46	50	53	59	63	75	75	59	80	81

比较表 4 和表 2、表 3 和表 2 可知，在槽底和槽面加声学处理对于控制槽子的噪声特别显著，降低了15dB(A)，但是这种方法对操作者来说不太方便，每次在更换清洗零部件时，都得揭盖和加盖，可是对于降低噪声、提高人们的身心健康，减少环境污染是大为有利的。

从经济效果考虑，我们还做了两种槽子，对0.065mm铝箔的空化腐蚀进行比较。同时将我们研制的低噪声槽子先后在两个工厂(西安晶体管厂、西安蝴蝶手表厂)和一个修理部(西安市小寨商场钟表修理部)对成千上万件大小不同，形状各异的零部件进行了清洗，都得到了满意的效果。

总之，将我国比较通用的250W 超声清洗机的噪声从112.5dB(A)降低到76dB(A)，比国家颁布的噪声标准(85dB(A))还低 9dB(A)，这样，操作者每天工作 8 小时是没有什么问题的。但从腐蚀铝箔的比较来看，我们研制的槽子比较差一点，这是由于频率的提高，空化阈也随之提高，但从总的效果来看，低噪声清洗槽还是好的。

参考文献

1. 方丹群，噪声的危害和防治，中国建筑工业出版社，1980。
2. 岛川正宪，超音波工学—理论与实际，株式会社工业调查会，1975 19~22。
3. 水声换能器的设计，江宁机械厂，1974