

超声波焊机的谐振检测

问题 1 是否谐振良好，谐振效率如何，需要客观的外在检测设备，给出一个量化的比较指标

超声波发生器开机了，但是我们并不知道，整个超声焊机是否处于谐振良好状态，不知道其是否工作正常。听觉到声响只能简单判断，但不知道频率，也没有量化的声压级指标。

需要一个客观的外在验证手段，检测是否工作正常，并给出量化的比较。TYH801 固有频率测试系统能够作为的客观测试手段，对其进行客观检验。

基本方案：使用高频传声器和信号采集器，设置超声波发生器在相同发射功率，在声场的相同距离和相同方向上测定，用测量的声压级作为相对统计量评价谐振程度。同时测量振荡频率值，给出实测的谐振频率，用以判断实际的谐振频率是否与超声波发生器的标称值相同，同时也可以检测谐振频率是否稳定，是否随时间变化。

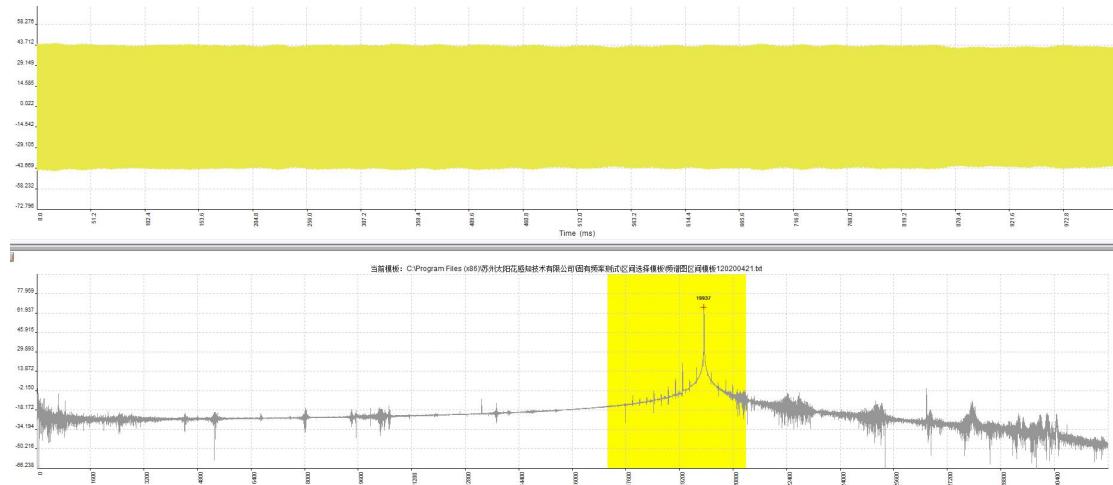


图 2 TYH801 测量到的超声波发生器的发射信号 20kHz 的时间历程和频谱

峰值	谐振频率(Hz)
67.28	19936.52

图 3 谐振效率测试详细结果

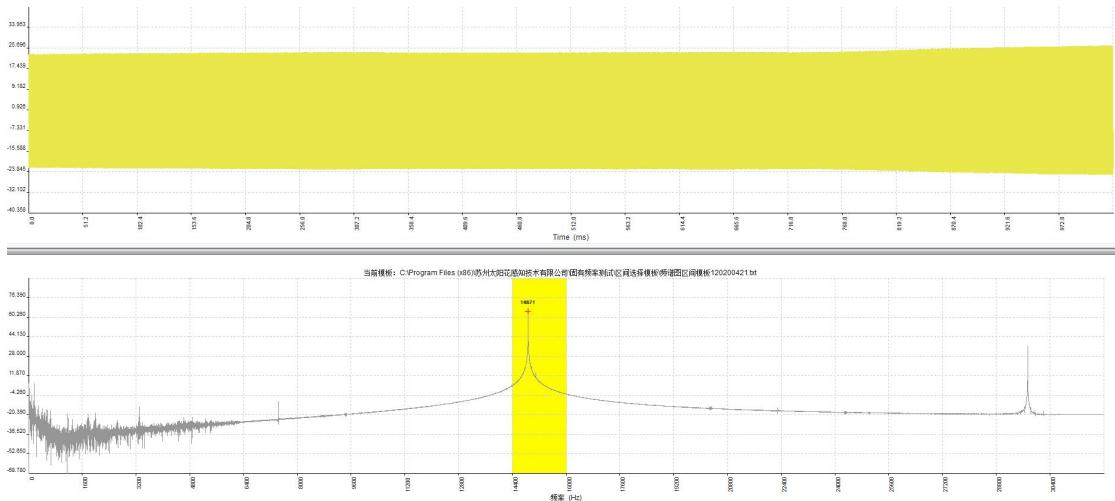


图 4 TYH801 测量到的超声波发生器的发射信号 15kHz 的时间历程和频谱

峰值	谐振频率(Hz)
65.65	14871.09

图 5 谐振效率测试详细结果

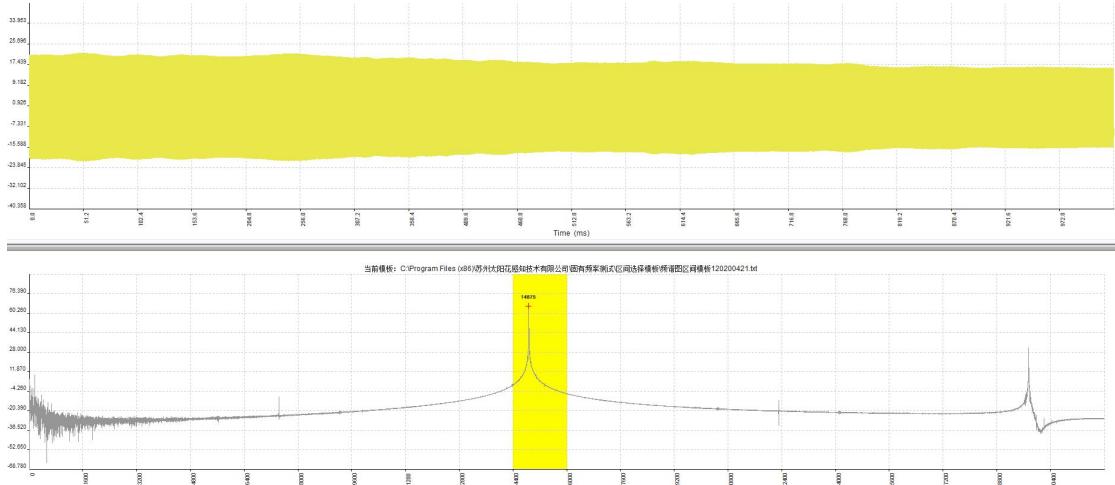


图 6 TYH801 测量到的超声波发生器的发射信号 15kHz 的时间历程和频谱

峰值	谐振频率(Hz)
66.7	14875

图 7 谐振效率测试详细结果

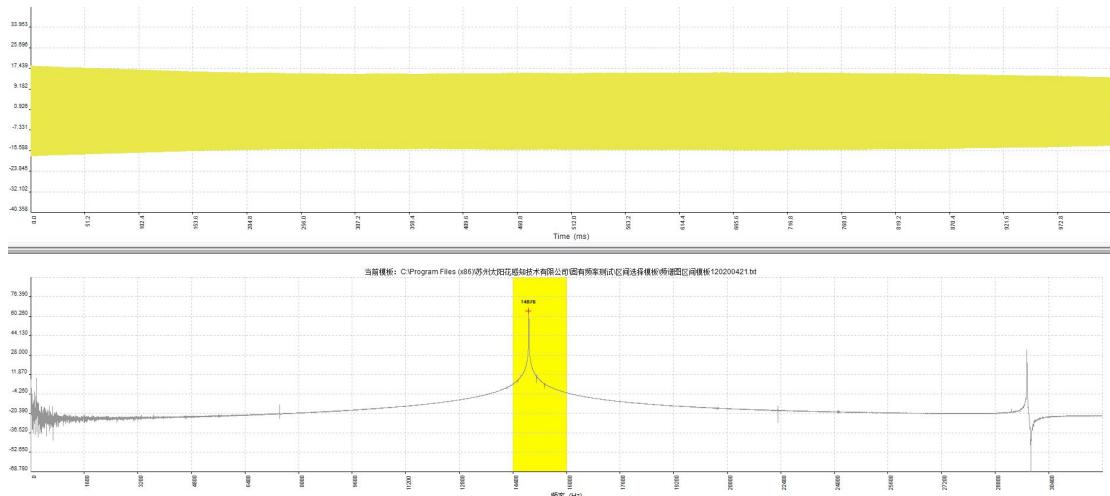


图 8 TYH801 测量到的超声波发生器的发射信号 15kHz 的时间历程和频谱

峰值	谐振频率(Hz)
65.04	14875.98

图 9 谐振效率测试详细结果

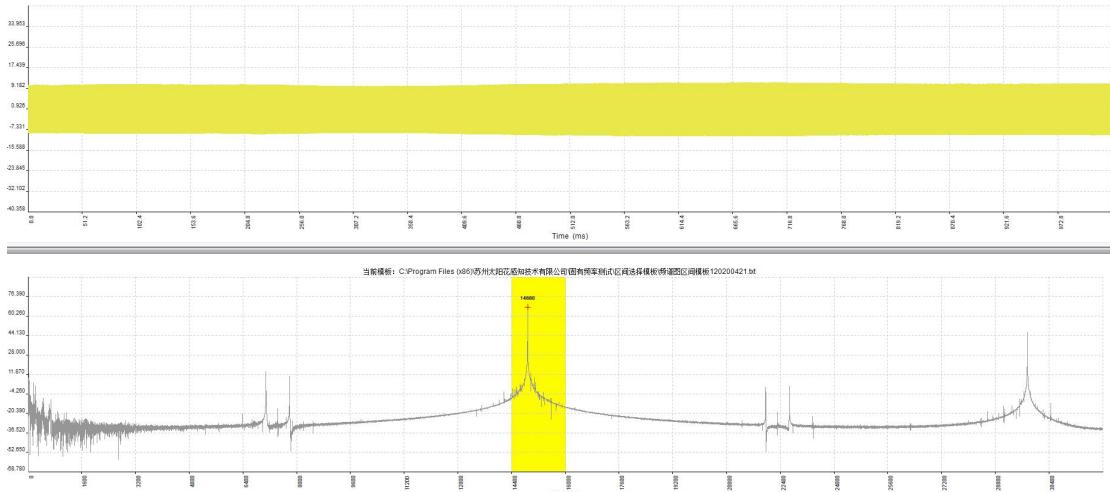


图 10 TYH801 测量到的超声波发生器的发射信号 15kHz 的时间历程和频谱

峰值	谐振频率(Hz)
67.8	14879.88

图 11 谐振效率测试详细结果

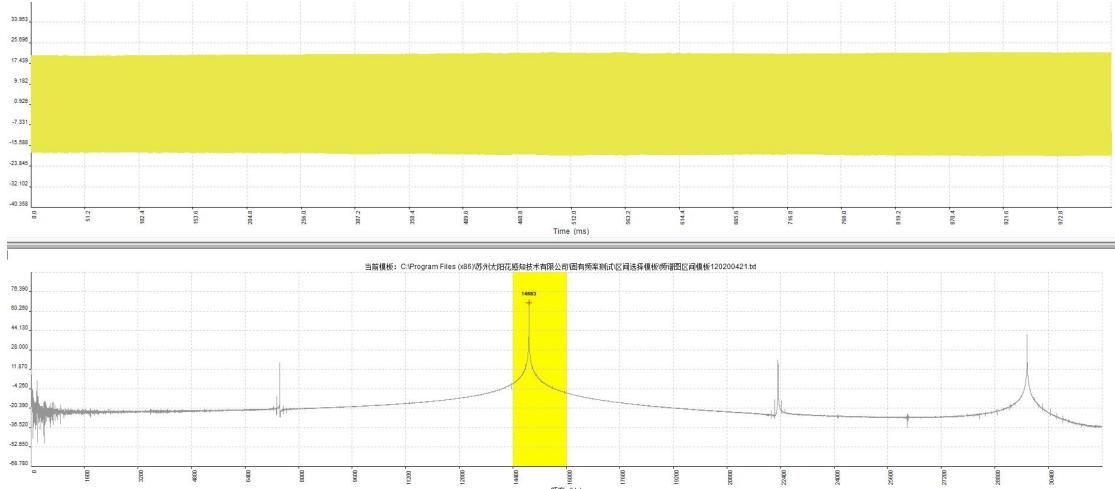


图 12 TYH801 测量到的超声波发生器的发射信号 15kHz 的时间历程和频谱

峰值	谐振频率(Hz)
67.24	14882.81

图 13 谐振效率测试详细结果

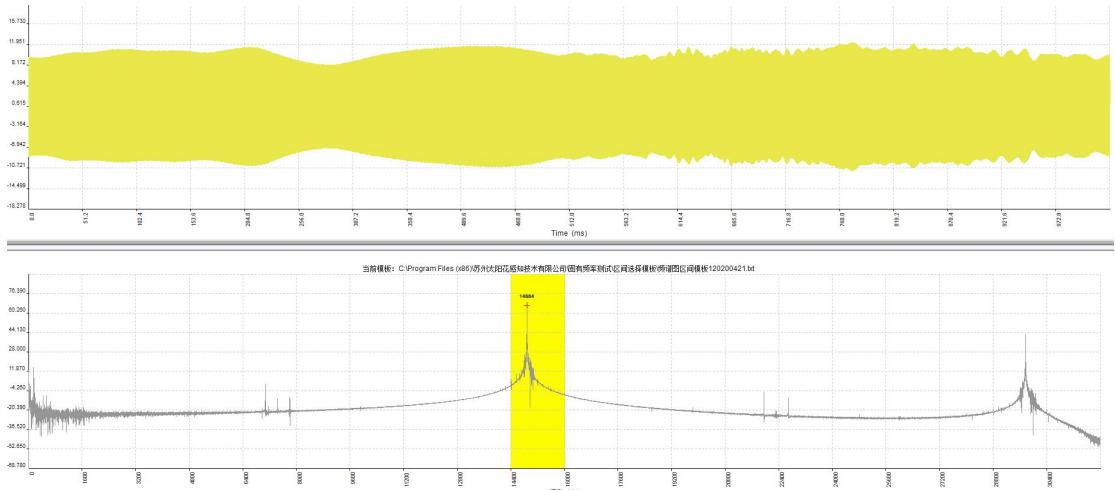


图 14 TYH801 测量到的超声波发生器的发射信号 15kHz 的时间历程和频谱

峰值	谐振频率(Hz)
66.85	14883.79

图 15 谐振效率测试详细结果

问题 2 阻抗分析仪的作用

换能器有标称的谐振频率，但是换能器实际的谐振频率可能偏差较大，如上面几个图中的换能器，标称谐振频率都是 15kHz，但是他们实测的谐振频率甚至要小 100Hz，而且由于它们的品质因数比较高（一般在 2000-4000 之间），如果钢模的固有频率合格（非常接近 15kHz），两个频率就会相差 100Hz，造成起振困难。

因此换能器的谐振频率需要用阻抗分析仪实际测量。

问题 2 固有频率分析仪的作用和使用注意点

振头（钢模、铝模）有设计的标称固有频率，但是其实际的固有频率可能有较大偏差。比如 15kHz 标称频率的钢模，其实测的固有频率是 14863Hz，相差 137Hz，会造成起振困难。

振头（钢模、铝模）的固有频率需要逐件实际测量，测量的仪器用固有频率分析仪。

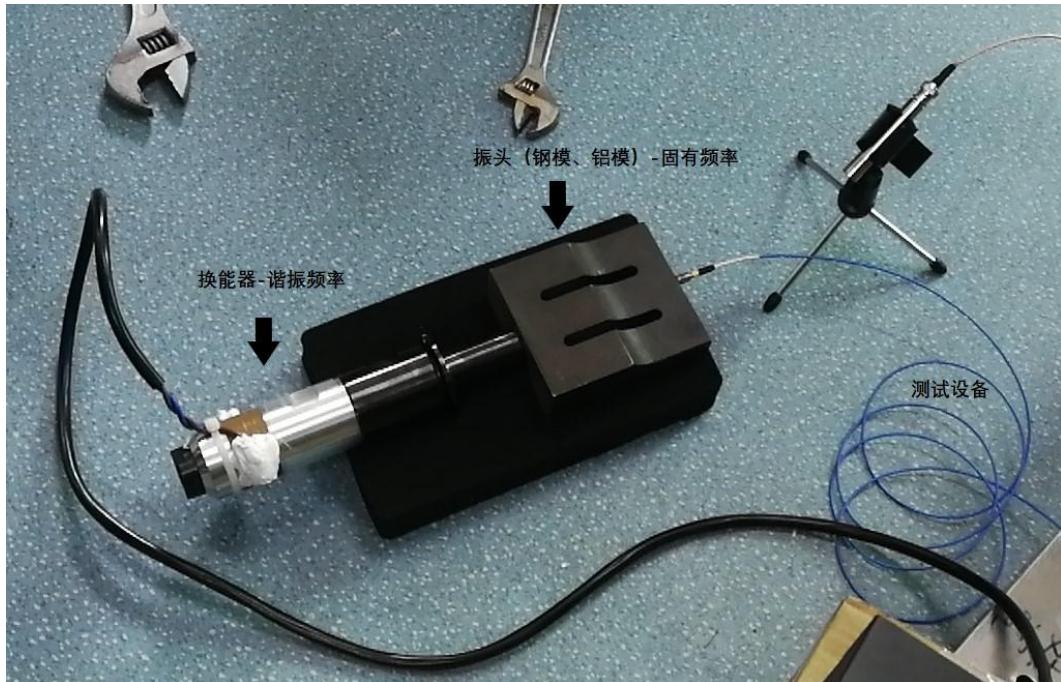


图 1 固有频率测试示意图

问题 3 理想情况是“换能器实测谐振频率 = 钢模实测固有频率”，检测的换能器的实际谐振频率与振头（钢模、铝模）固有频率的偏差在一个范围之内（不大于 100Hz）。

两者匹配程度越高，谐振效果越好。

一般情况下，换能器的谐振频率已经固定。振头（或钢模、铝模）可以通过改变尺寸、形状、材料，来设计其固有频率，使之与换能器谐振频率配合。

偏差应控制在标准频率(15kHz 或 20kHz)的±100Hz 以内。

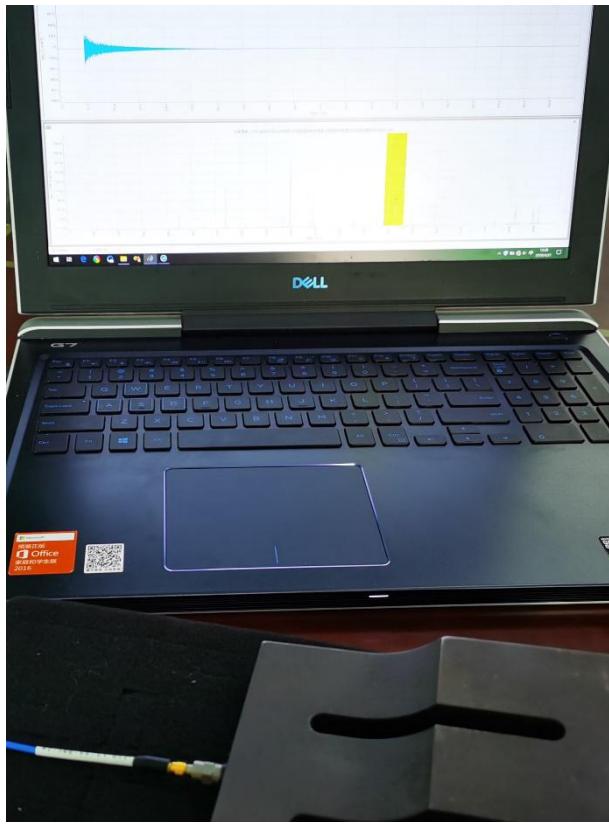


图 4 超声振头自由状态下固有频率实测图

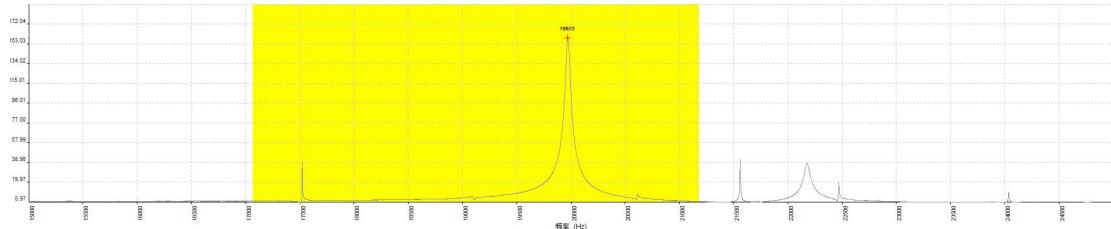
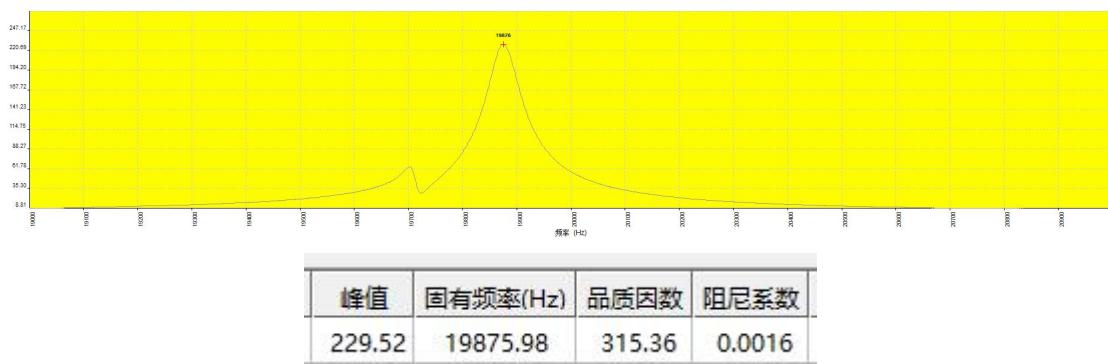


图 5 超声振头固有频率测试结果

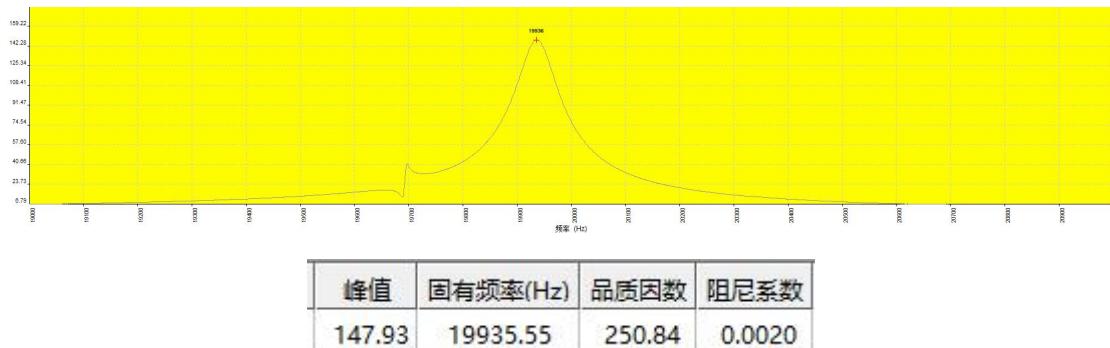
(超声振头固有频率 19997Hz, 20kHz 超声波换能器的工作频率实测是 19936Hz)

问题 4 钢模的品质因数 Q 不能太大，也不能太小

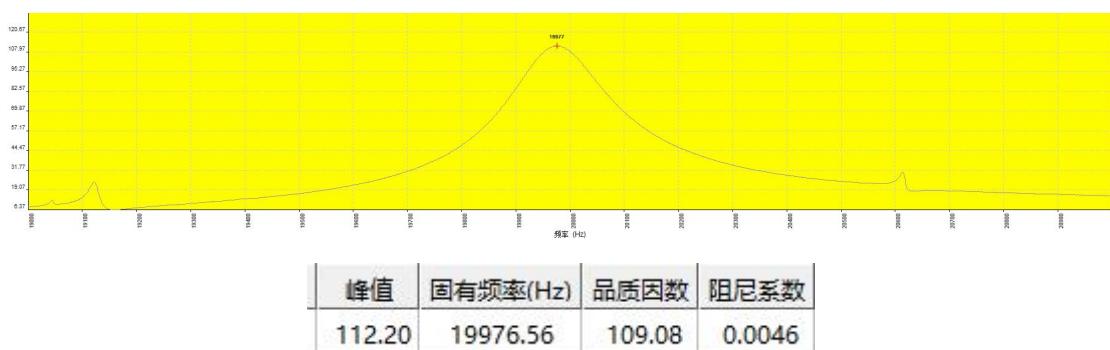
振头（或钢模、铝模）的固有频率偏差满足的情况下，谐振的品质因数应保持适中。品质因数过高，则谐振峰过窄，振头（或钢模、铝模）固有频率必须非常接近换能器的工作频率，否则会难以谐振。相反，若品质因数过小，谐振效果差。一些试验数据如下（X 轴范围 19000Hz~21000Hz）：



该振头的固有频率为 19875.98Hz，品质因数为 315.6

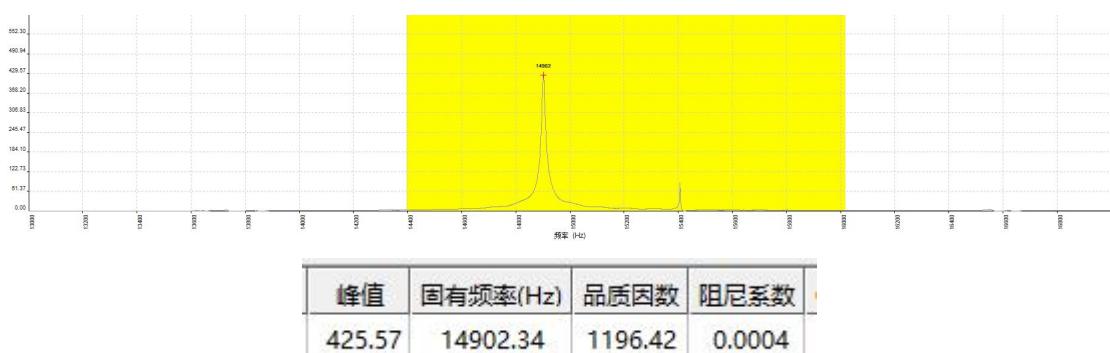


该振头的固有频率为 1995.55Hz，品质因数为 250.84

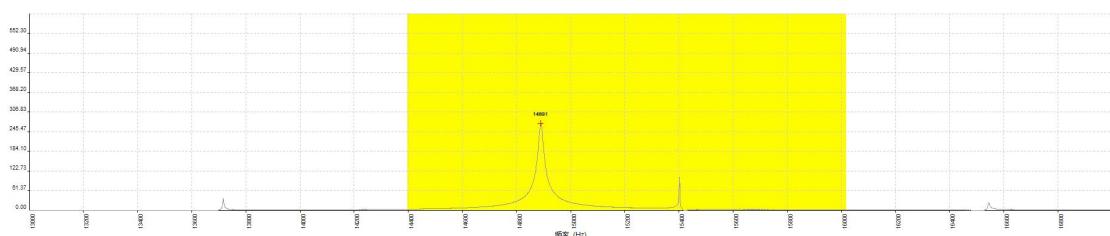


该振头的固有频率为 19976.56Hz，品质因数为 109.08

15kHz 钢模 (X 轴范围 13000Hz~17000Hz)

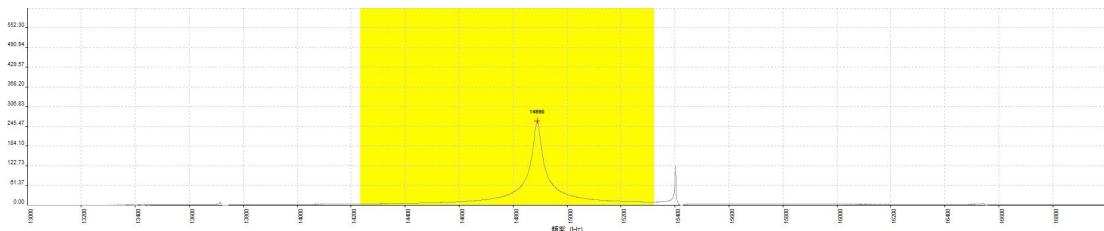


该振头的固有频率为 14902.34Hz，品质因数为 1196.42



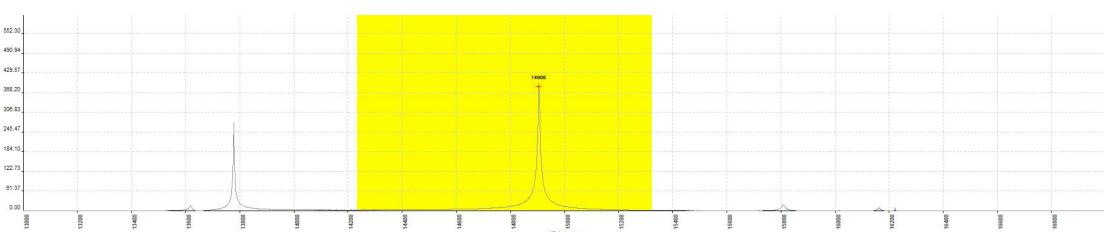
峰值	固有频率(Hz)	品质因数	阻尼系数
273.66	14890.63	741.55	0.0007

该振头的固有频率为 14890.63Hz, 品质因数为 741.55



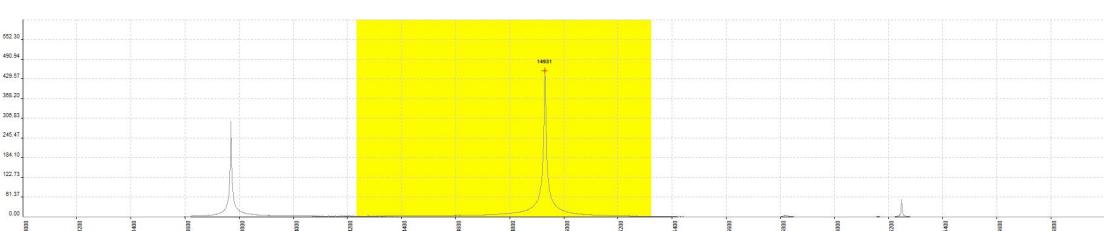
峰值	固有频率(Hz)	品质因数	阻尼系数
263.03	14889.65	517.07	0.0010

该振头的固有频率为 14889.65Hz, 品质因数为 517.00



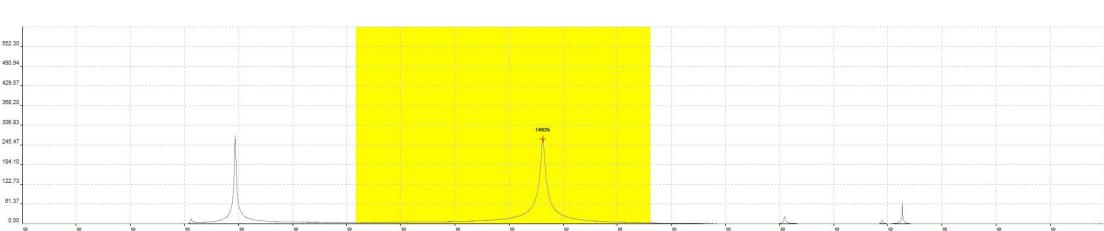
峰值	固有频率(Hz)	品质因数	阻尼系数
388.07	14906.25	1973.66	0.0003

该振头的固有频率为 14906.25Hz, 品质因数为 1973.66



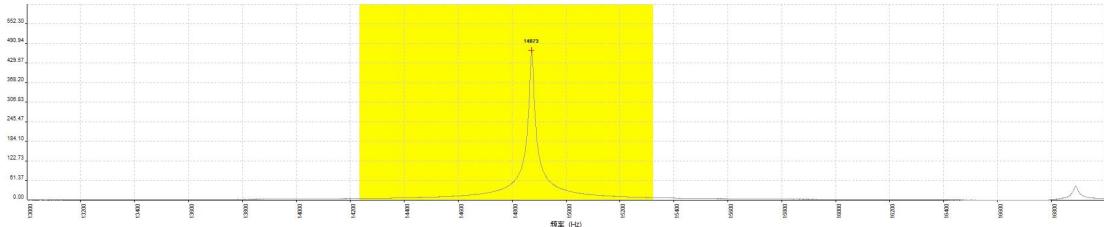
峰值	固有频率(Hz)	品质因数	阻尼系数
455.63	14930.66	2332.94	0.0002

该振头的固有频率为 14930.66Hz, 品质因数为 2232.94



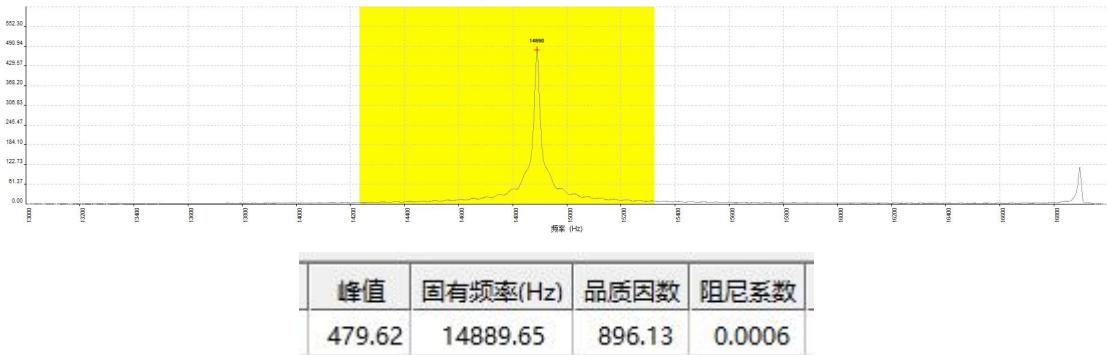
峰值	固有频率(Hz)	品质因数	阻尼系数
265.49	14924.80	927.02	0.0005

该振头的固有频率为 14924.80Hz, 品质因数为 927.02



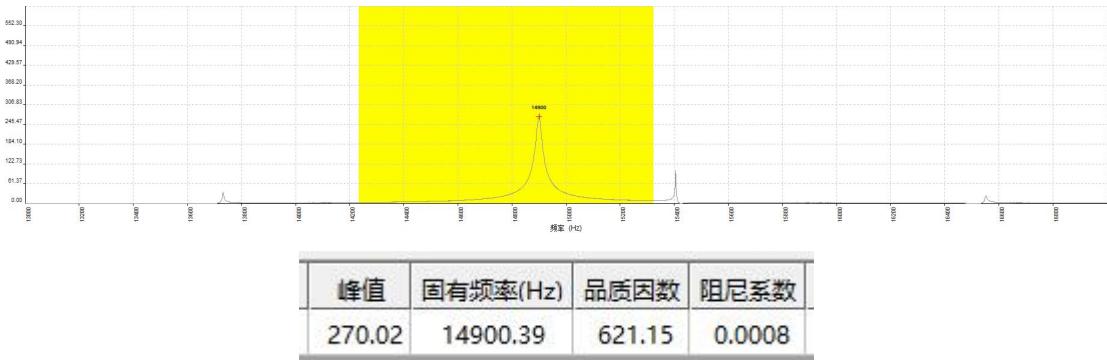
峰值	固有频率(Hz)	品质因数	阻尼系数
471.41	14873.05	874.32	0.0006

该振头的固有频率为 14873.05Hz, 品质因数为 874.32



峰值	固有频率(Hz)	品质因数	阻尼系数
479.62	14889.65	896.13	0.0006

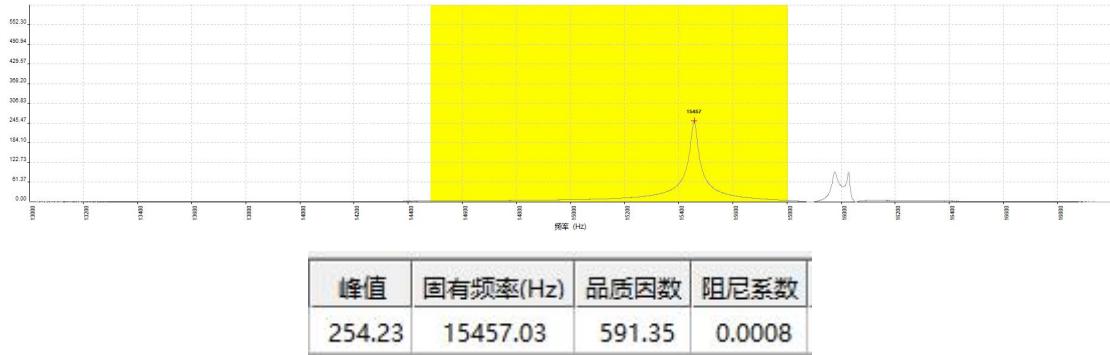
该振头的固有频率为 14889.65Hz, 品质因数为 896.13



峰值	固有频率(Hz)	品质因数	阻尼系数
270.02	14900.39	621.15	0.0008

该振头的固有频率为 14900.39Hz, 品质因数为 621.15

15kHz 铝模 (X 轴范围 13000Hz~17000Hz)



该振头的固有频率为 15457.03Hz, 品质因数为 591.35

总结：

- 1 需要一个设备来客观检测超声焊机的谐振效果, 实际测出声场的声压级指标和超声波振荡频率, 单靠人耳听觉来判断给不出数据指标。
- 2 振头 (钢模、铝模) 的固有频率需要实测; 换能器的谐振频率需要实测。
固有频率和谐振频率的偏差应控制在 $\pm 100\text{Hz}$ 以内。
- 3 振头 (钢模、铝模) 的品质因数 Q, 最好在 200~1000 之间。换能器的品质因数也要适中。