

# 民族乐器马头琴声学试验分析

赵增欣 应怀樵

(东方振动和噪声技术研究所, 北京, 100085)

**摘要:** 用智能信号采集处理分析系统对民族乐器进行时域, 频域分析, 如对马头琴进行科学的声学测试和分析研究, 本次试验只是开始。试验的成功和经验的积累, 为今后开展这方面的研究工作, 如对民乐、西乐、声乐进一步提供了方法和途径。

**关键词:** 民乐声学试验; 马头琴; 音频分析; 音准分析; 音域分析

**Abstract:** The intelligent data acquisition and signal processing system has the function of time and frequency analysis, but the analysis of the Matouqin by the intelligent data acquisition and signal processing is almost vacant. This trial is just a beginning, the success of the trial and the accumulation of the experience will provide a new groping method for the subsequent research of folk music, western musical instrument and vocal music.

**Key Word:** national musical acoustic trial; Matouqin; audio frequency analysis; intonation analysis; vocal range analysis

## 1、 概 述:

马头琴为我国的民族乐器, 马头琴在舞台上的演出越来越普遍, 但对该琴进行科学性的测试研究几乎是空白。为了挖掘我国民族瑰宝, 使之发扬光大, 应中央民族歌舞团邀请, 东方振动和噪声技术研究所东方所内对马头琴进行声学方面的测试, 得到满意的测试结果。

## 2、 测试仪器的连接

本次试验采用东方所研制的 INV306 系统, 它是由 INV306DF 智能信号采集处理分析仪, DASP 大容量数据采集处理分析平台软件, DLF-3 型电荷放大、电压放大, 抗混滤波及带积分四合一放大器和 INV-5633 型声级计及台式计算机组成。

这套仪器的优点是能快速测试出乐器的音频的时域信号和频域信号, 并存储起来, 反复进行各种信号处理, 并能长时间地记录整个曲目的全过程, 进行音域分析, 经过各种分析处理还能得到音色和音准等参数。

仪器连接示意图如图一所示:

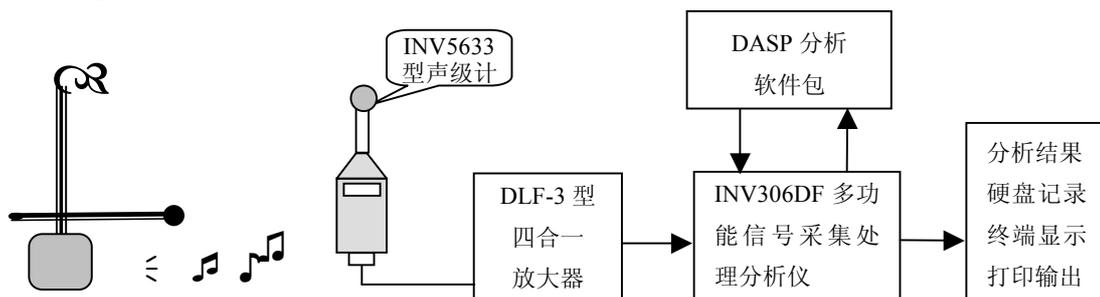


图 1 测试仪器连接方框图

### 3、 测试结果分析

#### 3.1 音频分析

由演奏家分别演奏出由“1”~“7”的7个音符，每个音符演奏 7~10 秒，由 INV5633 型声级计经过 306DF 采集分析仪记录下声音并存入计算机硬盘内，由 DASP 软件分析得到马头琴发音的时域信号波形和频域谱图，图 2~8 为音符从“1”~“7”的时域波形和频域谱图，它们对应的频段频谱如表一所示。

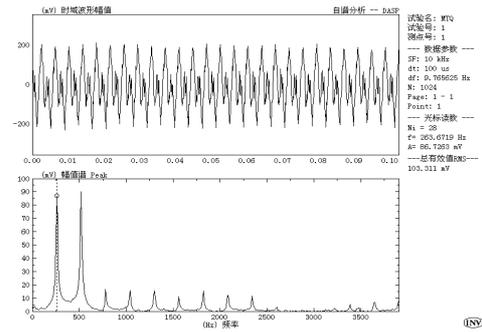


图 2 音符“1”的时域波形图和频域谱图

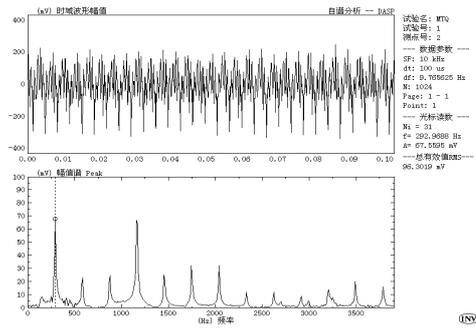


图 3 音符“2”的时域波形图和频域谱图

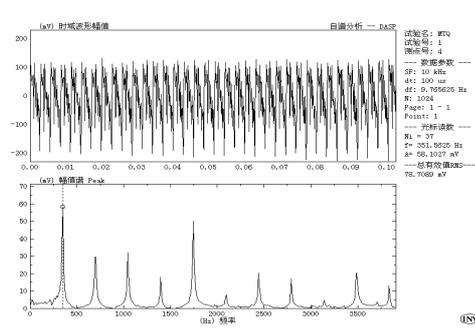


图 4 音符“3”的时域波形图和频域谱图

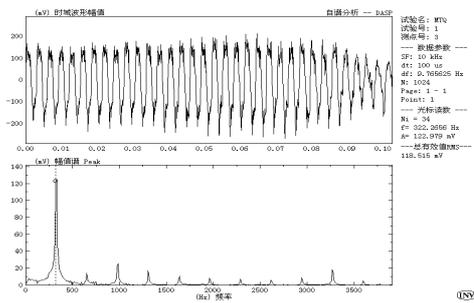


图 5 音符“4”的时域波形图和频域谱图

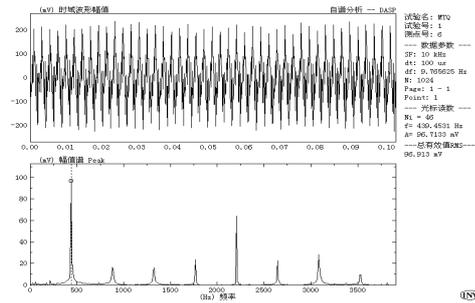


图 6 音符“5”的时域波形图和频域谱图

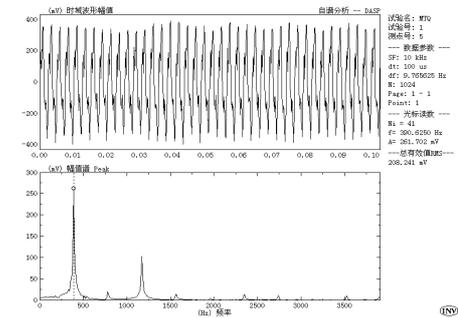


图 7 音符“6”的时域波形图和频域谱图

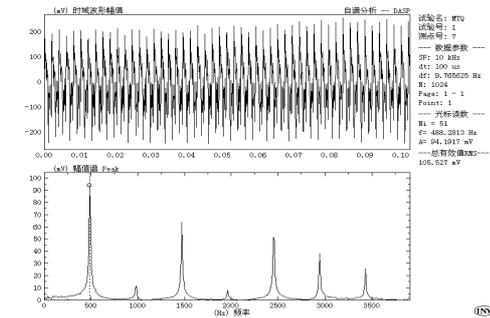


图 8 音符“7”的时域波形图和频域谱图

表一 音符“1”~“7”的主频及倍频

音符 阶数	“1” (Hz)	“2” (Hz)	“3” (Hz)	“4” (Hz)	“5” (Hz)	“6” (Hz)	“7” (Hz)
一阶	263.672	292.969	332.031	351.563	390.625	439.453	488.281
二阶	517.578	585.938	654.297	693.359	781.250	878.906	986.328
三阶	781.250	878.906	986.328	1044.922	1171.875	1328.125	1474.609
四阶	1044.922	1162.109	1308.594	1396.484	1562.500	1767.578	1962.891
五阶	1298.282	1455.078	1640.625	1748.047	1953.125	2207.031	2460.938
六阶	1562.500	1748.047	1962.891	2089.844	2353.516	2646.484	2949.219

### 3.2 音准分析

将实测的每个音符的频率和理论频率相比较，误差越小，音越准。如：见表二中6音，实测A，C调——439.45Hz，理论值应该为440Hz，误差为-0.125%，相差很小。

表二 音频测试结果

音 符	实测频率(Hz)	理论频率(Hz)	误差 (%)
“1”	263.67	261.63	+0.779
“2”	292.97	293.66	-0.252
“3”	332.03	329.63	+0.728
“4”	351.56	349.23	+0.667
“5”	390.63	392.00	-0.352
“6”	439.45	440.00	-0.125
“7”	488.28	493.88	-1.134

### 3.3 音域分析

由演奏家连续演奏出20个不同的音符，全部由INV306系统记录下全过程，得到总的音域频率，从175.27Hz~4656.43Hz，大约33个谱(见表三)，总时域图见图9，总频谱图见图10，通过选块频谱分析，从中分析出20个单独音符，它们的时域图和频谱图见图11~31所示：

表三 音域内各频谱值及峰值

序号	频率 (Hz)	峰值 (mv)	序号	频率 (Hz)	峰值 (mv)	序号	频率 (Hz)	峰值 (mv)
1	175.27	0.415	12	1037.96	0.678	23	2451.80	0.253
2	247.16	2.072	13	1157.77	2.344	24	2643.51	0.794
3	319.06	1.345	14	1229.66	0.254	25	2715.40	0.561
4	390.95	4.683	15	1301.56	0.772	26	2787.29	0.226
5	438.87	2.360	16	1373.44	0.227	27	2931.07	1.052
6	510.76	0.323	17	1469.30	0.310	28	3242.59	0.784
7	582.65	0.186	18	1565.15	0.665	29	3506.19	0.732
8	654.54	1.038	19	1756.86	2.188	30	3913.57	0.805
9	774.36	0.857	20	1948.57	0.442	31	4105.28	0.261

10	870.21	0.635	21	2092.35	0.583	32	4584.54	0.259
11	966.07	0.690	22	2212.17	0.362	33	4656.43	0.257

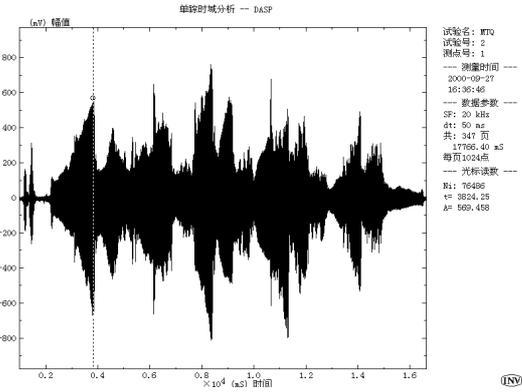


图 9 音域分频谱图

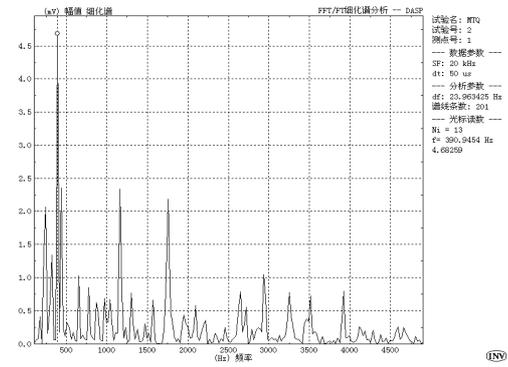


图 10 音域总频谱图

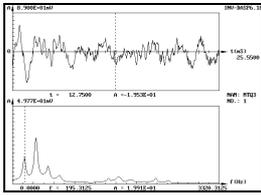


图 11 195Hz 时频谱图

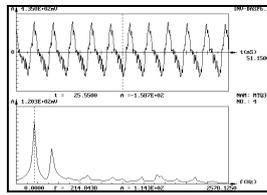


图 12 214Hz 时频谱图

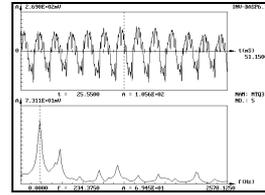


图 13 234Hz 时频谱图

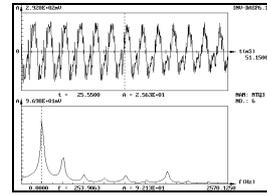


图 14 254Hz 时频谱图

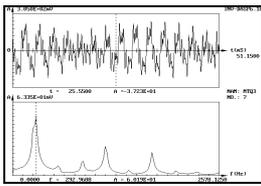


图 15 293Hz 时频谱图

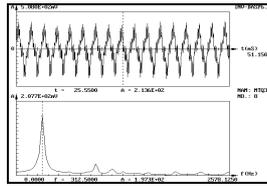


图 16 312Hz 时频谱图

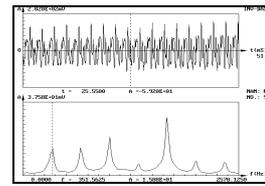


图 17 351Hz 时频谱图

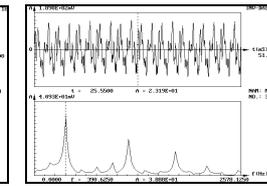


图 18 390Hz 时频谱图

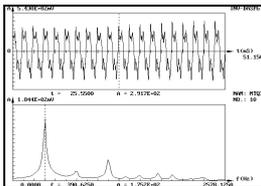


图 19 390Hz 时频谱图

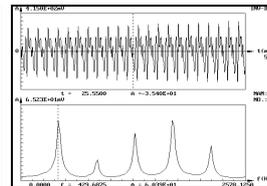


图 20 429Hz 时频谱图

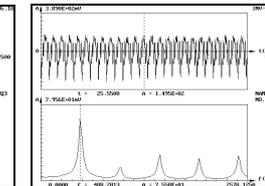


图 21 488Hz 时频谱图

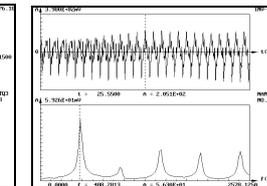


图 22 488Hz 时频谱图

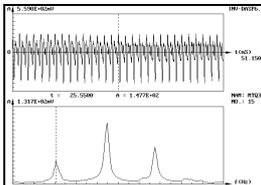


图 23 527Hz 时频谱图

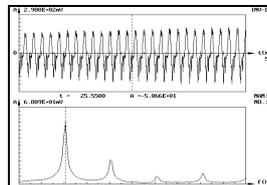


图 24 527Hz 时频谱图

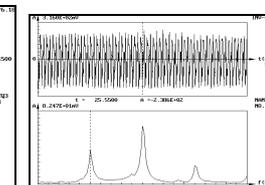


图 25 644Hz 时频谱图

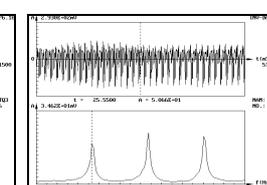


图 26 683Hz 时频谱图

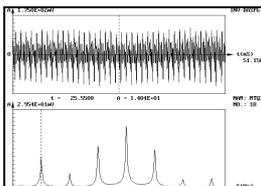


图 27 781Hz 时频谱图

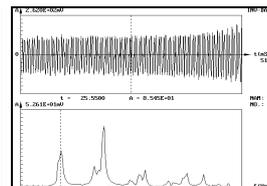


图 28 859Hz 时频谱图

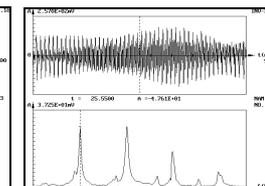


图 29 996Hz 时频谱图

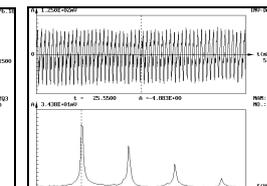


图 30 1053Hz 时频谱图

---

### 3.4 音色分析

音色的好坏，还没有定量的标准，需要有专业能力的专家来综合评审，要大量的试验积累资料，鉴于数据有限，暂不能提出结论。

## 4、 总 结

用 INV306/303 系统测试各种乐器的音频、音调、音色、音准、音域是可行的，本报告所得数据有效，而且其精度很高、频率精度可达万分之一，幅值精度可达千分之一，并可用时域波形图和频谱图以及数据表的格式打印出来。当然分析软件还可以根据分析乐器的具体要求加以补充，使之更加完善方便。

### 参 考 文 献

- (1) 应怀樵. 振动测试和分析. 北京: 中国铁道出版社, 1979
- (2) 应怀樵. 波形和频谱分析与随机数据处理. 北京: 中国铁道出版社, 1983
- (3) DASP2003 专业版使用说明书, 东方振动和噪声技术研究所: 2003, 3