

精密铸造清式编钟的定律和调音

江西省裕丰金属工艺品厂 黄可复*

摘 要 介绍由精密铸造成形的清朝编钟的定律和调音方法,指出中国古代 12 平均律和现代 12 平均律的对应关系。介绍了清式编钟调音和消除双音的操作技艺。

关键词: 编钟 调音 钟声

中图分类号: TG249.5 文献标识码: A 文章编号: 1001-244X(2001)03-0052-03

1 清式编钟的概况及定律

这种编钟一套共 16 件,分上、下两层,悬挂于木质梁架之上(见图 1),采用精密铸造成形。16 件钟外形尺寸是统一的,呈椭圆的鼓形,口部和顶部尺寸相同,长、短轴直径分别是 $\phi 190$ mm 和 $\phi 160$ mm,中部鼓出略大,长、短轴直径分别为 $\phi 230$ mm 和 $\phi 190$ mm。钟体高 240 mm,全高 320 mm(见图 2)。

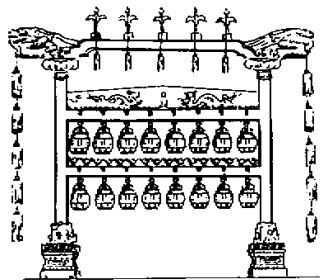


图 1 清式编钟布列

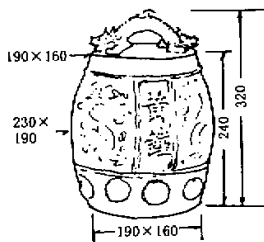


图 2 钟体尺寸

16 件钟每钟 1 音,按 12 平均律依次定名为:黄钟、大吕、太簇、夹钟、姑洗、仲吕、蕤宾、林钟、夷则、南吕、无射、应钟、清黄、清大、清太、清夹。上列 16 个音名也就是这种编钟的律制,是中国古代的 12 平均律,可以和现在的 12 平均律相对应,它们的关系见表 1,翻高八度在律名前加“清”字,低 8 度在律名前加“浊”字。

由于尺寸相同,音的高低靠改变壁厚来实现。因此,16 件钟的壁厚和质量都不相同(见表 1)。

2 调音方法

2.1 蜡型调音法

钟体发音遵守以下公式。

$$F = T / (L^2 \cdot k) \quad (1)$$

式中, F 为频率; L 为口径; T 为壁厚; k 为材料的声学

系数。编钟用熔模铸造成形,蜡型的尺寸和形状也就是铸态铜钟的尺寸和形状,只是蜡料和铜材的声学系数 k 不同,假若它们都有固定的参数,它们也就会有相应的关系。只要找到了它们之间的相应关系,就可以在蜡型上做预先调音,于是铸态编钟就会有近似要求的音高,在后期调音工作中,工作量就会减轻。笔者成功地运用了这种工艺,使调音工作得以顺利进行。

表 1 复制编钟的质量、口部壁厚与音高、频率的关系

序号	钟名	音高	频率/Hz	质量/kg	口部壁厚/mm
1	黄钟	A ₄	440.0	6.9	6.2
2	大吕	[#] A ₄	466.2	7.2	6.6
3	太簇	B ₄	493.9	7.6	7.0
4	夹钟	C ₅	523.3	8.0	7.4
5	姑洗	[#] C ₅	544.4	8.4	7.8
6	仲吕	D ₅	587.3	8.8	8.3
7	蕤宾	[#] D ₅	622.3	9.2	8.8
8	林钟	E ₅	659.3	9.7	9.3
9	夷则	F ₅	698.5	10.2	10.0
10	南吕	[#] F ₅	740.0	10.7	10.5
11	无射	G ₅	784.0	11.2	11.1
12	应钟	[#] G ₅	830.6	11.8	11.8
13	清黄	A ₅	880.0	12.4	12.5
14	清大	[#] A ₅	932.3	13.0	13.2
15	清太	B ₅	987.8	13.7	14.0
16	清夹	C ₆	1 046.6	14.3	14.9

2.2 砂轮机磨削调音

用改变钟壁厚度的方法来调整编钟的音高,是调音的主要方法。用砂轮机磨削钟壁调音是最艰苦的工作。通常情况下是由高调到低调,调得过低,继续调音就困难了。所以应不停地用仪器测音,以防音调过了头。

2.3 难以消除的双音现象

曾侯乙编钟向世人揭示了一钟双音现象,而且这两个音可以分别调整。而清式编钟要求每钟只发一个音,

* 黄可复,男,1938 年出生,高级工程师,江西省南昌市昌北庐山南山大道 217 号(330038),电话 0791-3854096 收稿日期 2001-01-20

而调一个音比调两个音更难。

但凡钟体,都有双音现象,钟体发声都有两个不同的基频。这一点,早就被古人发现了,而且特化成了双音编钟。这两个音若是协调的,发音就优美动听,如曾侯乙编钟,每个钟上的两个音调成小三度或大三度,钟声悦耳纯净。若是这两个音不协调,钟音就杂乱而刺耳,如有人设计一组编钟把两个音设计成半音关系,以为这样便于音阶级进,其结果是钟声刺耳难听,还误认为是材质不对。

从理论上说,若能把钟体上的两个音调成一个音,问题就可以得到解决。如钢琴调律师调整同音弦组,把三根弦调成一个音,声音就变得优美了。在编钟上消除双音,有很多技术难点。

2.3.1 用“米”字分析法消除双音

曾侯乙编钟上的双音被称为“正鼓音”和“侧鼓音”,它们分布在钟体截面的8个区内。这8个区(也可以叫做8段)互相错开45°(见图3)。在这个截面里平正地写上一个“米”字,就正好标示出正鼓和侧鼓各占4段。正4段较薄而侧4段较厚,所以正鼓音低于侧鼓音。这就是“米”字分析法的基本点。进行编钟调音时,我们就是利用这种基本原理而分别调整正鼓音和侧鼓音。

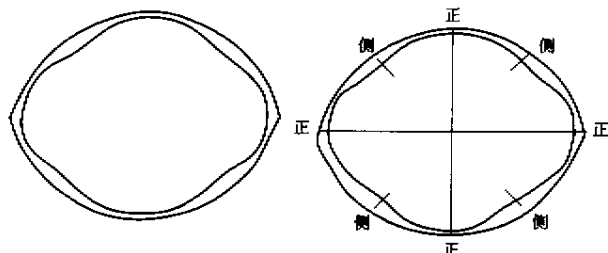


图3 合瓦形双音编钟截面

其实“一钟二音”和“合瓦”形并没有必然的关系,而且也不能确定两个音的准确位置。也就是说,这个“米”字可能会发生偏转,双音关系完全是由钟壁的厚度配比来确定的。

若是两个音的差别明显,可以很容易靠听觉鉴别,也可以用仪器测出它们的方位;当两个音比较接近时,就难以用仪器鉴别了,须要靠敏锐的听觉,小心地鉴别,在钟口各部位慢慢地找,这时“米”字原则仍可以帮助我们。只要找准了一个,其余7个就可以确定下来了。

但是,这两个音是否调成了一个音还不能确定。在调整过程中,方位会有多次偏转,每次测音都得重新定位,而且越到二音接近时就越难测得准。这里有一种辅助技巧,听“拍”。

2.3.2 听“拍”

万方数据

什么是“拍”?当两个频率比较接近的音同时发音时,可以听到“拍”的存在(借用钢琴调律的术语)。“拍”是两个音互相干扰的结果。例如一个音是440 Hz,另一个音是442 Hz。在同时振动时,每秒就会有两次不同步。人耳可以感到两次波动,也叫做两个拍,说明音还没有调准。若是两个音完全一致,它们之间没有干扰,就听不到“拍”,声音就特别美。实际上,要做到完全没有拍很难,在本套编钟的音域内($A_4 - C_6$,属于中、高音区),一个拍算是优秀的,1.5拍是良好的,2拍就不太理想了。若超过了3拍,音就有点杂,超过4个拍,就会难听刺耳。超过6个拍,就很容易发现两个不同音的存在。

在调音过程中,要随时找准高、低音的位置所在,靠“米”字原则的帮助,尽可能将两个音调成一个音。当你敲击编钟时,几乎听不到拍,而且音高也达到要求,音就算是调好了。

3 音律存疑

凡是乐器都涉及音律学说,尤其是固定音高的乐器,要求更严。现在通用的12平均律和我国古代的12平均律之间是什么关系?如何对应?这个问题也许困扰过不少从事民族音乐,特别是古乐器的人。

由于度量衡的变迁,使确定它们之间的关系感到困难。我们只搜集到3种对应关系。第1种是琴人的说法“……黄钟相当于国际12平均律的C……”;第2种是曾侯乙编钟,其中,割肆相当于C;第3种是笔者新近复制的清式编钟及编磬,夹钟相当于C。

以这3种不同的标准,列表3,希望得到专家们的指点。

表3 国际12平均律和中国古律的对应关系

国际律	清式编钟	曾侯乙编钟	琴人的说法
C	夹钟	割肆 宣钟 吕钟	黄钟
$\sharp C$	姑洗	浊坪皇	大吕
D	仲吕	坪皇 迟则 妥宾	太簇
$\sharp D$	蕤宾	浊文王	夹钟
E	林钟	文王 高音	姑洗
F	夷则	浊新钟	仲吕
$\sharp F$	南吕	新钟 无铎 赢嗣	蕤宾
G	无射	浊兽钟	林钟
$\sharp G$	应钟	兽钟 黄钟 雁音	夷则
A	黄钟	浊穆钟	南吕
$\sharp A$	大吕	大族 穆钟 刺音	无射
B	太簇	浊割肆 宓子索	应钟

* 琴人是古琴演奏者的旧时称谓。

(编辑 张振斌)