

二胡的音准问题

甘 涛

广州音乐学院学报一九八五年第一期附文

目 录

一、音乐里，音准的一般规律

二、二胡弦线发音的高低和音准规律

1、弦线的粗细

2、弦线的轻重

3、弦线的长短

4、弦线的张力

5、二胡音准的公式

三、二胡的音准

1、音阶

2、乐律

3、五度相生律

4、纯律

● 5、平均律

6、三种通用律音阶中的“全音”与“半音”

四、二胡弦上音位

1、散音

2、泛音位

3、按音位

五、二胡弦上的按力

1、基本按力

2、变化按力

六、二胡上如何运用三种律的音阶

1、二胡空音的定音

2、五度相生律与纯律的运用

3、十二平均律的运用

七、如何在二胡上练习音准

1、乐音的高度

2、练习音准应注意的各点

八、二胡演奏中的音准要求

1、一般要求

2、较高标准的要求

九、音乐由准再到“不准”的问题

1、三种律制十二律以外的音

2、物理高度与心理高度

前 言

音准是音乐中的要素之一，同时也是表达乐曲内容的必要条件之一。

音准，是指在演唱，演奏中乐音的准确性，属于音乐形式美的范畴。它是为表现音乐内容服务的，同时自身又有它的特定的规律。对这些规律的探讨和认识，必将对提高艺术表现和取得完美的艺术效果起重要的作用。

音乐中的“音准”概念，有广义和狭义之分：

广义的音准，泛指一切用于音乐表现的乐音诸因素的准确性（包括构成音乐语言的音乐的高低、长短、强弱、音色、音调的准确性；甚至还应包括音乐表现中形成特殊风格的诸因素“准确性”）。

狭义的音准概念，一般音乐实践中，往往专指乐音高低方面的准确性而言。

我在这里谈的“二胡音准问题”所涉及的范围，大都是本人多年艺术实践中的碰到的，通过学习，研究并在教学中初步验证的一些心得体会，以期能引起诸位对二胡音准问题的兴趣，共同作进一步的研究，从而提高二胡演奏的艺术质量。

二胡音准问题，对一些较有素养的演奏家和多数演奏者来说，似乎是不成问题的问题，但相当一部分人对这个问题的认识程度还有待深化。换句话说，即这个问题应从理性的高度来认识这一点，还未清醒地认识到。而对于绝大多数二胡学习者和爱好者来说，甚至成了极为复杂的问题。

一、音乐里，音准的一般规律：可以用“不准——准——不准”的公式来表示。这里的第一个“不准”，是指一般初学者由于对音阶、调式、音程的相对高度的关系不甚明瞭，以及方法不对或是技术不精等原因形成的“不准”（这当中还应剔除个别人听觉太差的因素），这几乎是“必然”的普遍现象。通过对音乐听觉能力的训练（即“音乐耳朵”的形成过程）加上对有关音律理论的学习，再加上二胡演奏方法上的音准训练，即从实践和理性两个方面长期练习和提高，就能逐步奏出基本准确的乐音。这就是从“不准”到“准”的第一阶段。第二阶段，即所谓“准——不准”的过程。

在演唱、演奏中，除了固定音律的乐器（如键盘乐器和演奏中无法临时改变音准的

一些乐器)以外,除了能演奏(唱)出固定的音律之外,在艺术表现中,更多音调的音律是超出乐谱上的、十二律之外的。若仅从世界公认的三种音律来简单衡量,这些超出的音律都可以被说成是“不准”的。而这种“不准”是比起第一种不准有本质的区别,它们正是音乐表现力的精华所在。——这里且不谈“现代音乐”的无调性音乐所涉及的范畴——。

第一种不准是没有掌握音高规律以前,所谓“必然王国”阶段的,带盲目性的不准;后一种“不准”则是在已掌握基本音律的准确性以后,为了丰富音乐表现的思想感情和风格、特性所必须的、有目的、有意识的十二音律之外的各种音调。而这种所谓“不准”,正是音乐表演艺术上必须追求的效果。而为了获得这种效果,必须在能熟练地掌握基本音阶各种高度的准确性之后,加以融会贯通才能逐步完满去达到的所谓“自由王国”的境界——这常常是反映音乐表演者成熟与否的客观尺度,也正是艺术家的表演功力所在。

二、二胡弦线发音的高低和音准规律:

二胡是拉弦乐器,它的发音主要是靠琴弓马尾摩擦两根弦线产生振动来发音的。而弦线发音的高低规律是:

弦线越粗、越重、越长,张力越小(松),振动就越慢,发音就越低;

弦线越细、越轻、越短、张力越大(紧),振动就越快,发音就越高。

根据以上规律,可知在二胡弦线上发音的高低,是由于内外两根弦线的粗细、轻重,长短和张力的四种因素互相配合、共同决定的。

(1)弦线的粗细:是根据二胡空弦定音高度来选择的,内外两弦的粗细比例也要适当。按照弦线的振动数与加粗倍数成反比例的规律,弦加粗一倍则振动数低一倍,弦细一半则振动数高一倍。通常用纯五度定弦,外弦的音比较高,要用稍细的弦,内弦的音低要用稍粗的弦。为了使两根弦调准纯五度后的张力基本相同,按两弦纯五度的振动数比($\frac{\text{内}}{2} : \frac{\text{外}}{3}$),从而决定两弦直径的粗细标准应该是($\frac{\text{内}}{3} : \frac{\text{外}}{2}$)。

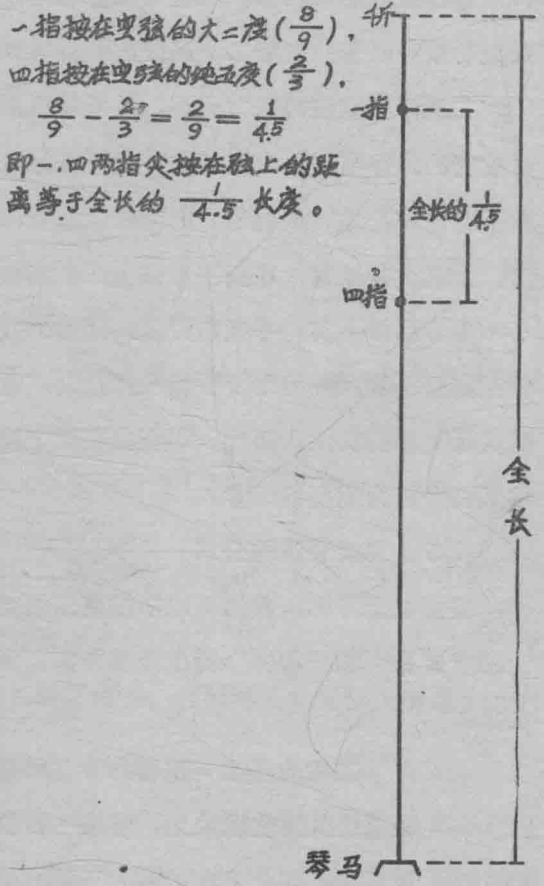
(2)弦线的轻重:弦线的振动数与弦身加重倍数的平方根成比例,加重四倍则振动数低成 $\frac{1}{2}$ ……。除了弦线的粗细本身已含有粗的重、细的轻这个自然因素。在弦线用的材料上,过去用丝质弦线较轻,现在一般都改用较重的金属弦线。但经过在粗细上的调整(金属弦比丝弦为细),只要内外弦材料相同,轻重的因素已统一在粗细的因素

里。只是内弦不宜用裸线，因粗裸弦上分音减少，音色不好，所以必须用缠有细金属丝的缠弦，才能在粗细和轻重上保持（ $\frac{内}{3} : \frac{外}{2}$ ）的比例，而使得两根空弦调成纯五度时的张力基本相同。

（3）弦线的长短：在二胡上空弦的长短，是由千斤定位的上下而定。千斤位置定得愈上，空弦就愈长，发音也愈低；千斤位置定得愈下，空弦就愈短，发音也愈高。弦线愈长，音位之间的距离就宽；弦线愈短，音位之间的隔离就较窄。弦线的长短与弦的振动数成反比例：凡弦线减短 $\frac{1}{2}$ 则振动数高二倍；增长一倍，则振动数低一倍。由空弦基音到本弦上高八度的一组音，占全弦 $\frac{1}{2}$ 长度；从 $\frac{1}{2}$ 处的音到本弦下面高八度的一组音，就占全弦 $\frac{1}{4}$ 长度；从 $\frac{1}{4}$ 处的音再到本弦下一个八度，就只占有全弦 $\frac{1}{8}$ 长度。因此，二胡上把的音位之间距离较宽，中把的音位之间距离较窄，下把的音位之间的距离更窄。

图一 二胡千斤定位原理图

弦上音阶中的全音距离宽，半音距离窄。下把全音只有上把全音距离的一半。在上把里，食指指尖和小指尖按在弦上纯四度的距离长度，是全弦的 $\frac{1}{4.5}$ 长。反过来，若量出食指指尖和小指尖扩张，按在弦上的长度，乘以4.5倍，就能得出从琴码山口起量出每个人最合式的千斤标准位置（图一）。



“一指”即食指，“四指”即小指。

一、四指扩张按在弦上。

“纯四度音程”的长度乘以4.5，其得数就是从琴马到千斤的长度。

随着一、四指有了扩张后，再重新量其距离尺寸，乘以4.5而得出新的全弦长度，把千斤相应的往上移到新位置。

二胡千斤必须按照这种标准方法定位，才能发挥手指按弦和找准音位以及运用保留指等技巧的便利作用。

以上所谈弦线配置和千斤定位规律，都是在演奏前的准备工作中必须明了的基本知识。

至于由千斤到琴码一段空弦上所需要的长短变化，则是在演奏时根据所需要的乐音高低，临时由于指按在这个位置来改变的，这个位置就叫“音位”。弦上的音位，是根据所用“律制”和调式，音程关系以及指法技巧等不同要求，而定出各种不同的弦长和音位之间不同距离的。因此，正确的音位，就成为决定二胡音准的极为重要的因素之一。

（4）弦线的张力

弦线发音的高低，即振动数的多寡，是和弦线的张力，即加紧倍数的平方根成正比例。

即：张力加紧四倍，则振动数高二倍；加紧九倍，则振动数高三倍；加紧十六倍，则振动数高四倍；加紧二十五倍，则振动数高五倍……。

二胡两根空弦的张力大小，是根据两根弦所应定的不同音高，由旋转琴轴松紧弦线来改变的。外弦高、内弦低，一般调准为纯五度的音程。而弦上各种高低的音位，则是由手指在弦上临时按放的。因为弦线悬空，弦下没有指板，手指按弦就更须有适当的按力，才能发音清楚。在同一音位上，手指按得轻，弦的按力小，发音就偏低，如按力过小则发音飘浮不实；手指按得重，弦的张力加大，发音就偏高，如按力过大，则发音不但过高而不稳，并且由于手指用力过大，造成指关节肌肉的紧张，从而影响到手指动作的灵活性和持久性。因此，手指尖在弦上按力的大小是否适当，也就成为决定二胡音准的又一个极为重要的因素。

（5）二胡音准的公式

根据以上情况，我们可以得知在二胡空弦调准后的演奏中，决定音准的，就是弦线上的“音位”和“按力”两个重要因素。为了便利说明和记忆，我把它们列为下面一个公式：

二胡的音准 = 正确的音位 + 适当的按力

将这公式简化就成为：音准 = 音位 + 按力

下面就把这公式中的前后三项，分别地予以说明。

三、二胡音准方面的问题

1、音阶：二胡演奏，首先要懂得什么是音阶？

音阶，就是在某一主音开始到比它振动数高一倍（或低一倍）的音〔或叫“一个八度”〕。我国古代叫“一均”（读作“韵”）当中，根据各种全音、半音和其他音程关系，按其音高的顺序逐级向上（或向下）排列而成的音列。在我国最早有三声、四声音阶，后逐渐发展成为近代通行的“五声音阶”和“七声音阶”。

（1）五声音阶：我国古代——据说自黄帝（公元前二千七百余年）时代，就曾有把“一组”分成五个音级的“宫、商、角、征、羽”五声音阶。

（2）七声音阶：周代（公元前十一世纪）时，据说已经有了包括五个正音（宫、商、角、征、羽）和两个半音（变征、变宫）。“五度相生律”的七声音阶。后来这种七声音阶又逐渐发展成以下三种形式：（／＼下两音为半音）

①在五声音阶基础上，从“角”音连续再上生两次，得出“变宫”和“变征”两音而成为：

“宫 商 角 变征 征 羽 变宫 宫”的七声音阶，称为“雅乐音阶”（也叫“古音阶”）。

②从五声音阶的“角”音上生一次，再从“宫”下生一次，得出“变宫”和“清角”两音而成为：

“宫 商 角 清角 征 羽 变宫 宫”的第二种七声音阶，称为“清乐音阶”。

③从五声音阶的“宫”音连续下生两次，得出“清角”和“闰”两音而成为：

“宫 商 角 清角 征 羽 闰 宫”的第三种七声音阶，称为“燕乐音阶”。

到第六世纪以后，我国民间音乐所用的音阶“上尺 工 凡 六 五 乙 仕”已如“清乐音阶”（其半音在三、四级和七、八级之间），也就和现代国际上所通用的大音阶“Do Re Mi Fa Sol La Si Do”完全相同。

二胡在演奏中所用每个乐音的高度，决不能离开音阶。而要明确各种音阶的不同高度，又决不能离开产生这些音阶的各种乐律，否则就漫无标准，无从探讨。下面简要地

把我国古代乐律以及现在世界上通用的三种律产生音阶的情况和方法介绍于下：

2、乐律简介：乐律就是研究制定音阶中各级音的具体高度的理论和方法。

(1) 我国历代的乐律：我国是世界上研究乐律理论和应用“律管”定律开始最早，贡献最大的国家。

远在公元前四千多年，我国伏羲、女娲时代，就曾创始“弦太簇、都良管”……。

公元前二千七百多年，黄帝时代，就曾创制了“黄钟”等律管制成“十二简”，以“黄钟”律管定为标准音，作为律本，再根据它来产生其他的律，而“生五声”、以“政五钟”，是为我国最古的律制。

公元前第七世纪，《管子·地员篇》中已记载了“三分损益法”（即“五度相生律”）产生“五声音阶”的具体方法。

公元前第三世纪，《吕氏春秋·音律篇》中记载“三分损益法”对十二不平均律（黄钟、大吕、太簇、夹钟、姑洗、仲吕、蕤宾、林钟、夷则、南吕、无射、应钟）用数相求的方法。

公元前一世纪，汉代京房以古代“十二不平均律”不能“还相为宫”（注），乃将原十二律继续用“三分损益法”推算至“六十律”（实际是五十三律）；并以“竹声不可以度调”，认为古人用律管定音很不精确，遂发明了用弦作的“准”为“定律器”。

公元第五世纪，宋代钱乐之为了使律更为精确，便继续京房的六十律，再往下推求，一直推算到“三百六十律”。

以上“六十律”和“三百六十律”两种多律制，仅是一种定律的理论，并未能在音乐实践中应用。

公元第十二世纪，宋代蔡元定为了完成古人所谓“十二律还相为宫”的理想，在原十二律之外，增加了六个变律，共为“十八律”，使十二律中的各律都可作主音以“还相为宫”，但仍不能转回到原来的标准音“黄钟”。

公元第十六世纪，明代朱载堉因古代由于都用“三分损益”的理论所产生的“十二不平均律”，决不能“还相为宫”而重回到原来的“黄钟”主律；就精心研究声数，终于在一五八四年发明了用“连比法”把“一组”音平均分为连比的十二律（简称“平均律”）。这种由人工用数理来计算“十二平均律”的发明，要比西洋应用“十二平均律”早一个多世纪。

(上页注)古代以七音配十二律,每律均可作为宫音,故称为“还相为宫”,或“旋相为宫”,简称“旋宫”。

除以上“五度律”和“平均律”外,我国远在公元五、六世纪以前古琴曲《碣石调幽兰》谱中所弹奏的“泛音”,已应用到七弦古琴上的十三个“徽”位,这也可以充分证明我国很早就已应用“纯律”于演奏之中。

以上就是我国自古以来有关乐律研究和创造发明的简要历史。

(2) 世界各国律制的大致情况

世界各国(如:埃及、希腊、印度、阿剌伯……等国)关于律制的研究、发明也很早、很多。

自上古以来,从“单音音乐”时期就应用了“五度相生律”。

公元第九至第十七世纪,“复音音乐”逐渐进步,到公元第十三世纪末,“纯律”开始应用;到第十七世纪以后,“主音音乐”时期,器乐发展、乐曲的转调逐渐频繁,到公元第十八世纪初,就开始应用“十二平均律”。此外尚有:5、7、17、19、22、24、31、32、41及53律等各种不同律制,但都尚未能被普遍采用。

从以上古今中外关于律制的研究和发明的大致情况看来,确是多种多样,非常丰富。为了使乐律更趋于纯正,律数逐渐向多律制发展,但在历代音乐实践中,则仍以十二律较为适用而为举世所公认,并且绝大多数国家都通用“五度相生律”、“纯律”和“十二平均律”三种律制。其它各种多律制,至今尚都未能流行。

现在把这通用的三种律制产生音阶的具体方法,分别简要的介绍如下:

●3、五度相生律

五度相生律(又叫“曲调纯律”、“三分损益律”)在我国古代曾发明计算这种律的方法,叫做:“三分损益法、隔八相生法”和“上下相生法”。都是以自然分音列(图二)中的第二、第三分音的“八度”音程(频率比高八度 $\frac{2}{1}$;低八度 $\frac{1}{2}$ 。)和“纯五度”音程(频率比:高五度 $\frac{3}{2}$;低五度 $\frac{2}{3}$ 。)为依据来产生音阶的一种律。

图二 分音(泛音)列

振动数比及弦长度比:



泛音列: 基音	一	二	三	四	五	六	七	八	九
分音次序: 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
振动数: 与主音: 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
与邻音: 1	$\frac{2}{1}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{4}{3}$	$\frac{5}{4}$	$\frac{6}{5}$	$\frac{7}{6}$	$\frac{8}{7}$	$\frac{9}{8}$	$\frac{10}{9}$
振动数: 132	264	396	528	660	792	924	1056	1188	1320
弦上泛音									
长度比: 1	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{7}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{10}$
弦长: (设全长40公分) 40.	20.	13.33	10.	8.	6.67	5.71	5.	4.44	4.

“五度相生律”（以下简称为“五度律”）产生的音阶，就是从主音（宫或Do）按“纯五度”音程上、下连环相生而构成。

例如：①从主音上生四次，就构成五声音阶：（上生→，下生←）

宫商谱：（宫）→征→商→羽→角

唱名谱：（Do）→Sol→Re→La→Mi

简谱：（1）→5→ $\dot{2}$ → $\dot{6}$ → $\dot{3}$ 。

②从主音下生一次，上生五次，则构成自然七声大音阶：

宫商谱：清角←（宫）→征→商→羽→角→变宫，

唱名谱：Fa←（Da）→Sol→Re→La→Mi→Si，

简谱： $\dot{4}$ ←（1）→5→ $\dot{2}$ → $\dot{6}$ → $\dot{3}$ → $\dot{7}$ 。

所生各律与主音的频率比：上生为 $\frac{3}{2}$ ，下生为 $\frac{2}{3}$ 。将所生不同组的音归为一组时，上生超出一组的除以2，超出二组的除以 2^2 ……；下生低一组乘以2，低二组的乘以 2^2 ……。详见下表：（图三）

图三

D 调 自然大音阶	Do	Re	Mi	Fa	Sol	La	Si	Do
各音产生法	1	$(\frac{3}{2})^2$ 2	$(\frac{3}{2})^4$ 2^2	$\frac{2}{3} \times 2$	$\frac{3}{2}$	$(\frac{3}{2})^3$ 2	$(\frac{3}{2})^5$ 2^2	2
与主音频 率比	1	$\frac{9}{8}$	$\frac{81}{64}$	$\frac{4}{3}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{27}{16}$	$\frac{243}{128}$	2
振 动 数	293.33	330.	371.25	391.11	440.	495.	556.88	586.66

4、纯律

“纯律”（又叫“纯正律”、“自然律”、“和声纯律”。）是根据由分音成立的三和弦的原理而定律的一种律制。就是在“五度相生律”所用的“自然分音列”中第二分音与第三分音的纯八度（ $\frac{2}{1}$ ），和纯五度音程（ $\frac{3}{2}$ ）之外，再加入第五分音（ $\frac{5}{4}$ ）的纯律大三度作为生律的根据；并把这个纯律大三度安插在大音阶中“主音”、“属音”与“下属音”三个大三和弦的当中，例如：

Sol

主三和弦Mi当中的纯律Mi音比五度律的Mi低一个“普通音差”（ $\frac{81}{80}$ ）；

Do

Re

属三和弦Si当中的纯律Si音比五度律的Si低一个“普通音差”（ $\frac{81}{80}$ ）；

Sol

Do

下属三和弦La当中的纯律La音比五度律的La低一个“普通音差”（ $\frac{81}{80}$ ）。

Fa

● 插入这个三个纯律大三度后所构成的“纯律大音阶”见下表：

图四

D 调 纯律大音阶	Do	Re	Mi	Fa	Sol	La	Si	Do
产生法	1	$(\frac{3}{2})^2$ 2	$\frac{5}{4}$	$\frac{2}{3} \times 2$	$\frac{3}{2}$	$\frac{4}{3} \times \frac{5}{4}$	$\frac{3}{2} \times \frac{5}{4}$	$\frac{2}{1}$
与主音的 振动数比	1	$\frac{9}{8}$	$\frac{5}{4}$	$\frac{4}{3}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{5}{3}$	$\frac{15}{8}$	$\frac{2}{1}$
振 动 数	293.33	330.	366.66	391.11	440..	488.88	550.	586.66

如将上面三个第五分音 $\underline{Mi}$ 、 $\underline{La}$ 、 $\underline{Si}$ ($\frac{5}{4}$) 的纯律大三度，改为三个第六分音

$\underline{bMi}$ 、 $\underline{bLa}$ 、 $\underline{bSi}$ ($\frac{6}{5}$) 的纯律小三度则构成“纯律小音阶”。

由于纯律小音阶中，这三、六、七级的三个音，是根据纯律的“第六分音”的“小三度” ($\frac{6}{5}$) 而产生的，故不但不能如大音阶中这三个音要比五度律降低一个“普通音差”，而相反却要比五度律各升高一个“普通音差”，变成为： $\underline{bMi}$ (频率比 $\frac{6}{5}$)， $\underline{bLa}$ (频率比 $\frac{8}{5}$)， $\underline{bSi}$ (频率比 $\frac{9}{5}$)。插入这三个纯律小三度所构成的“纯律小音阶”见下表：(图五)

图五

D 调 纯律小音阶	Do	Re	$\underline{bMi}$	Fa	Sol	$\underline{bLa}$	$\underline{bSi}$	Do
产生法	1	$(\frac{3}{2})^2$ $\frac{9}{4}$	$\frac{6}{5}$	$\frac{2}{3} \times 2$	$\frac{3}{2}$	$\frac{4}{3} \times \frac{6}{5}$	$\frac{3}{2} \times \frac{6}{5}$	2
与主音频率比	1	$\frac{9}{8}$	$\frac{6}{5}$	$\frac{4}{3}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{8}{5}$	$\frac{9}{5}$	2
振动数	293.33	330.	351.99	391.11	440.	469.33	527.99	586.66

5、平均律

“平均律”(又叫“等比律”、“等差律”、“等程律”。)我们通常所指的“平均律”，实际是“十二平均律”。就是将“一组”(八度)平均分为振动数比相等的十二个半音；取两个这样的“半音”为“全音”，用五个这样的“全音”和两个“半音”而构成七声音阶的一种律制。

“平均律”的定律方法，一般有以下三种：

(1) 五度相生法：但不同于“五度相生律”用“纯五度”，而是要用“平均律五度”。由于“纯五度”相生十二次后的音，要比高八度主音还要高出一个“古代音差”

($\frac{531441}{524288}$)；故若将“纯五度”每次上生的音($\frac{3}{2}$)中，减去“ $\frac{1}{12}$ ”的，“古代

音差” ($\sqrt[12]{\frac{531441}{524288}} = \frac{3}{2.9966}$) 也就是从 $\frac{3}{2} \div \frac{3}{2.9966} = \frac{2.9966}{2}$ 。

这个 $\frac{2.9966}{2}$ (或 1.4983) 就是“平均律五度”的振动数比。用它来从主音上、下连环相生十二次, 就能得到平均律的十二个半音, 最后到达高八度的主音。

(2) 用“平均律五度” ($\frac{2.9966}{2}$) 来求出十二个半音中相邻的两音的振动数比。例如: 求 Do—— $\sharp$ Do (或 $\flat$ Re) 这个平均律半音的振动数比, $\sharp$ Do 是由 Do 用五度法上生七次再移低四组而来, 即 ($\frac{2.9966}{2}$)⁷ $\div$ 2⁴ = $\frac{2169.77048}{2048}$ (即平均律半音的振动数比)。用这“半音振动比”连乘十二次 ($\frac{2169.77048}{2048}$)¹² = 2, 就能达到高一组 (八度) 的 Do 音振动数。

(3) 最简便的方法: 将十二平均律最后达到比主音振动数高一倍的“2”字, 开十二方, 即 $\sqrt[12]{2} = 1.059463$ (注)。用这个数来连乘主音振动数十二次, 就能计算出十二个半音的振动数, 并最后达到比主音高一倍 (八度) 的振动数。用这方法求出的平均律十二个半音, 见下表:

按照上面 (3) 将“2”开十二方, 可用它来求得“一组” (八度) 内“平均律”十二个半音的振动数和在弦上的长度比例。详见下表: 图六 (见 12 页)

以上通用的三种乐律所产生的音阶, 在运用时各有所长、短: 五度相生律是根据自然分音列中的第二分音 (八度) 和第三分音 (纯五度) 音程左右横向连环相生而来。所以由这种律产生的音阶, 只有大全音和古代小半音两种。用来奏乐音先后出现的旋律, 非常自然纯正悦耳; 但用来奏和弦有的音不谐和, 转调也不能还相为宫。纯律是根据自然分音列中的第二分音 (八度) 和第三分音 (纯五度) 以及第五分音 (大三度) 来产生纯律音阶, 使在大音阶中奏出主音、属音和下属音三个大三和弦时非常谐和动听用来演奏的和声, 有极谐和的效果。但其音律复杂演奏旋律不如五度律, 演奏转调更不如平均律。

平均律是由人工用数学方法来产生的音阶。能顺利地演奏任何转调乐曲。但用它来演奏旋律效果不如五度律; 用来演奏和弦效果也不如纯律演奏的谐和。

(注) 根据明代朱载堉计算的精密数为: 1.059463094359295264561825

图六

D 大调的 “一组”内 十二个半音	$\sqrt[12]{2}$ 计算出 十二个半音的常数	用各常数乘主音 (d') 的动振数 (293.66) 赫得出十二个半音的振 动数	用各常数除 1, 即得出弦上各 个半音的弦长比例数	全长为 40 公分时弦上 各个半音的弦长
主音 Do	1	主音 Do (d') 的振动数: 293.66	$\frac{1}{1} = 1.0000000$	40 Cm
*Do b Re	$\sqrt[12]{2}^1 = 1.059463$	左常数乘主音振动数 = 311.12	$\frac{1}{1.059463} = 0.9438743$	37.75
Re	$\sqrt[12]{2}^2 = 1.1224618$	" " = 329.62	$\frac{1}{1.1224618} = 0.8908989$	35.64
*Re b Mi	$\sqrt[12]{2}^3 = 1.1892067$	" " = 349.22	$\frac{1}{1.1892067} = 0.8408967$	33.64
Mi	$\sqrt[12]{2}^4 = 1.2599204$	" " = 369.99	$\frac{1}{1.2599204} = 0.7937009$	31.75
Fa	$\sqrt[12]{2}^5 = 1.334839$	" " = 391.99	$\frac{1}{1.334839} = 0.749154$	29.97
*Fa b Sol	$\sqrt[12]{2}^6 = 1.4142125$	" " = 415.30	$\frac{1}{1.4142125} = 0.7071073$	28.28
Sol	$\sqrt[12]{2}^7 = 1.4983058$	" " = 440	$\frac{1}{1.4983058} = 0.6674204$	26.70
*Sol b la	$\sqrt[12]{2}^8 = 1.5873995$	" " = 466.16	$\frac{1}{1.5873995} = 0.6299611$	25.20
La	$\sqrt[12]{2}^9 = 1.681791$	" " = 493.87	$\frac{1}{1.681791} = 0.5946042$	23.78
*La b Si	$\sqrt[12]{2}^{10} = 1.7817953$	" " = 523.34	$\frac{1}{1.7817953} = 0.5612316$	22.45
Si	$\sqrt[12]{2}^{11} = 1.8877461$	" " = 554.36	$\frac{1}{1.8877461} = 0.5297322$	21.19
Do	$\sqrt[12]{2}^{12} = 2$	" " = 587.32	$\frac{1}{2} = 0.5$	20

当我们在演奏时，主要是根据乐曲的内容、形式对这三种律应该有目的灵活采用。奏旋律时采用五度律；奏合奏、重奏中和声时采用纯律；而演奏转调乐曲时则采用平均律。这样应用才能获得良好的效果。

对于每一个管弦乐器演奏者来说，要能真正提高自己的独奏、伴奏、重奏和合奏的艺术表现水平，都要能熟练掌握这三种通用律。具体要求是：

在五度相生律的乐器上，也要能奏出纯律和平均律的音阶；

在纯律乐器上（如铜管乐器）也要能奏出五度律和平均律的音阶；

而在平均律乐器（除键盘乐器及不能临时改变音高的平均律乐器外）的所有木管乐器上，也都要能奏出五度律和纯律的音阶。这些要求，在国外一些著名的演奏家和交响乐团、重奏乐队以及合唱队都已能做到。我想我们现代的中国人，也一定能做到，而且将会做得更好。

6、三种通用律七声音阶中的“全音”与“半音”：

“全音”有：“大全音”（频率比 $\frac{9}{8}$ ），“小全音”（ $\frac{10}{9}$ ），“平均律全音”（ $1:1.1224618$ ）三种。

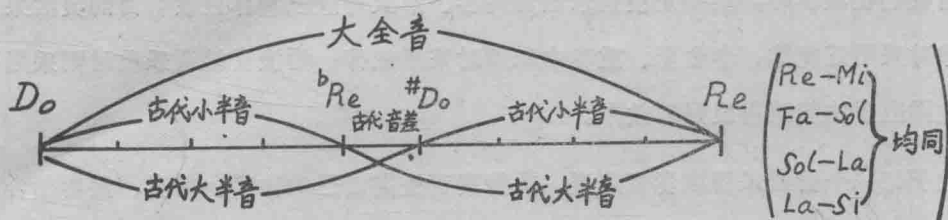
“半音”有：五度律中的“古代（自然）小半音”（ $\frac{256}{243}$ ），“古代（变化）大半音”（ $\frac{2187}{2048}$ ）；纯律中的（自然）大半音”（ $\frac{16}{15}$ ），“（变化）小半音”（ $\frac{25}{24}$ ）；平均律中的“平均律半音”（ $1:1.059463$ ）；等五种。

•（半音中律名不同者为“自然半音”，律名相同者为“变化半音”。在纯律中随着转调，各种半音逐渐加多，此处从略。）

（1）“五度律七声音阶”中，包含五个“大全音”和两个“古代（自然）小半音”；

Do	Re	Mi	Fa	Sol	La	Si	Do
大全音	大全音	古代小半音	大全音	大全音	大全音	古代小半音	
频率比： $\frac{9}{8}$	$\frac{9}{8}$	$\frac{256}{243}$	$\frac{9}{8}$	$\frac{9}{8}$	$\frac{9}{8}$	$\frac{256}{243}$	

在五个“大全音”中，各包含两个“半音”，即“古代（自然）小半音”和“古代（变化）大半音”：



“古代小半音”加“古代大半音”等于“大全音”

$$\frac{256}{243} \times \frac{2187}{2048} = \frac{8}{9}$$

“古代小半音”加“古代音差”加“古代小半音”等于“大全音”

$$\frac{256}{243} \times \frac{531441}{524288} \times \frac{256}{243} = \frac{9}{8}$$

“古代大半音”加“古代大半音”减“古代音差”等于“大全音”

$$\frac{2187}{2048} \times \frac{2187}{2048} \div \frac{531441}{524288} = \frac{9}{8}$$

凡相距十二个五度级者 ($\frac{3}{2}$)¹² 均可构成“古代音差” ($\frac{531441}{524288}$)。

“大全音”约等于九个“古代音差” (即“古代音差”约等于“大全音”的 $\frac{1}{9}$)。

“古代 (变化) 大半音”约等于五个“古代音差” (如 C—* C, d—* d, f—* f, g—* g, a—* a)。

“古代 (自然) 小半音”约等于四个“古代音差” (如: c—bd, d—be, e—f, f—bg, g—ba, a—bb, b—c)。

“古代小半音”比“古代大半音”低一个“古代音差”; “古代大半音”比“古代小半音”高一个“古代音差”。

2、“纯律七声音阶”中, 包含三个“大全音”两个“小全音”和两个“(自然)大半音”:

Do	Re	Mi	Fa	Sol	La	Si	Do
大全音	小全音	大半音	大全音	小全音	大半音	大半音	
频率比: $\frac{9}{8}$	$\frac{10}{9}$	$\frac{16}{15}$	$\frac{9}{8}$	$\frac{10}{9}$	$\frac{9}{8}$	$\frac{16}{15}$	

(A) 在三个“大全音”中, 各包含两个纯律“半音”, 即(变化)小半音”和“(自然)大半音”: